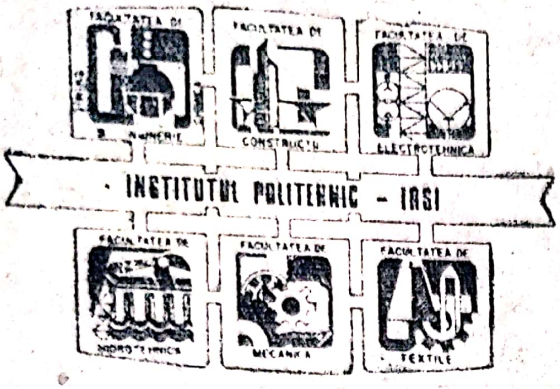
INSTITUTUL POLITEHNIC IAŞI
FACULTATEA DE MECANICĂ



Conf. dr. ing. Constantin Ciochină

TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Partea II-a

Pentru Facultatea de textile

UZ INTERN
Iaşi — 1976

Scanned with OKEN Scanner

I N S T I T U T U L P O L I T E H N I C I A S I

FACULTATEA DE MECANICA

Conf. dr. ing. CONSTANTIN CIOCHINA

TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Partea II

pentru Facultatea de textile

- UZ INTERN -

I A S I

1976

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 4

TRATAMENTE TERMICE SI TERMOCHIMICE

4.1. Tratamente termice. Generalităţi

Prin tratament termic se înţelege operaţia sau succesiunea de operaţii, care implică încălzirea şi răcirea în condiţii determinate a unui produs, în scopul obţinerii structurilor corespunzătoare unor asociaţii de proprietăţi.

Această noţiune nu se referă la încălzirile şi răcirile aplicate materialelor metalice în scopul deformării plastice la cald şi nici la încălzirile care se aplică pentru protecţia suprafeţelor. In urma tratamentelor termice piesele nu-şi schimbă forma şi dimensiunile iniţiale.

Datorită faptului că tratamentele termice în general sînt destul de costisitoare se aplică unor piese de mărimi mai importante, solicitate mecanic, cu scopul îmbunătăţirii proprietăţilor lor necesare condiţiilor de exploatare. Modificările proprietăţilor au loc prin modificarea structurii la încălzire,menţinere şi răcire.

Tratamentele se pot aplica atît la aliaje în afară de echilibru chiar dacă diagrama nu prezintă transformări de faze cît şi mai ales aliajelor care prezintă transformări struoturale în stare solidă indicate pe diagrama de echilibru al sistemului respectiv.

In primul caz prin încălzire se uşurează difuziunea, datorită mobilităţii atomilor şi structura se poate apropia de cea

de echilibru tratamentul termic fiind posibil deci fără transformări de fază la încălzire. In al doilea caz tratamentul termic impune producerea unor transformări de fază la încălzire.

Transformările din aliaje studiate pe baza diagramelor de echilibru (vezi p.I.cap.3.3.3.8) s-a considerat că au avut loc la răciri (încălziri) extrem de lente necesitînd un anumit timp pentru desăvîrşirea lor. Astfel diagramele de echilibru caracterizează starea aliajelor într-un echilibru structural complet. Dacă însă se variază condiţiile de încălzire menţinere şi răcire aceste transformări pot fi influenţate în sensul dezvoltării lor sau în sensul îngreunării sau anulării lor complete. In consecinţă prin încălziri, menţineri şi răciri la anumite temperaturi, cu anumite viteze se pot obţine diferite stadii de transfermare cu structuri în afară de echilibru cu proprietăţi corespunzătoare, diferite de proprietăţile structurilor de echilibru. Astfel pe baza diagramelor de echilibru, se pot explica transformările produse prin tratamente termice şi pot fi stabilite tipurile de tratamente şi condiţiile de executare ale acestora în scopul obţinerii proprietăţilor dorite.

Pentru ca să se poată aplica tratamente termice care necesită transformări de fază aliajul trebuie să prezinte transformări în stare solidă cum sînt :

- transformări datorită solubilităţii variabile, sau ;
- transformări datorită modificărilor alotropice ale componerţilor.

In primul caz (fig.4.1.) toate aliajele situate în stînga punctului f nu prezintă transformări în stare solidă şi nu pot fi tratate prin; recoaceri bazate pe transformări de fază la încălzire, călire şi revenire.

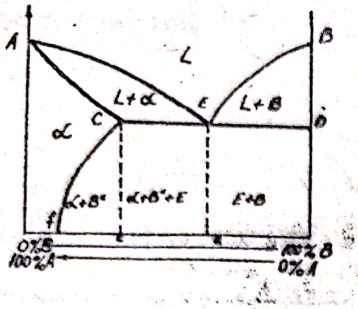


Fig.4.1
Diagramă cu solubilitate variabilă

Intre f-c structura aliajelor poate fi modificată prin transformări. Astfel :

- la o răcire foarte rapidă (călire) soluţia α este adusă la temperatura ambiantă fără ca B să aibă timp să se separe din reţea. Se obţine α suprasaturat în B, o stare în afară de echilibru.

- la răcire rapidă se poate obţine α din care se separă o dispersie fină de B" ;

- la răcire lentă se obţine α + B" în reţea.

Dacă în urma călirii se aplică o încălzire pînă sub temperatura de transformare se produce precipitarea fină a lui B" din α . Acelaşi lucru se poate produce şi la o menţinere îndelungată la temperatura ambiantă. Prin acest tratament duritatea şi rezistenţa aliajelor respective cresc. Tratamentul se numeşte îmbătrînire (naturală la temperatura ambiantă şi artificială în cazul încălzirii) sau durificare prin precipitare.

Acest tratament se utilizează la aliajele de aluminiu laminabile din categoria duraluminiu.

In ce priveşte transformările datorită modificărilor alotropice a componenţilor de exemplu în cazul diagramei cu eutectoid (fig.4.2) are loc transformarea $\gamma \rightleftharpoons \alpha + B$. La răcire foarte rapidă γ nu se descompune, modificarea alotropică are loc iar B rămîne în soluţie, adică $\gamma \longrightarrow \alpha$. Soluţia α la tem-

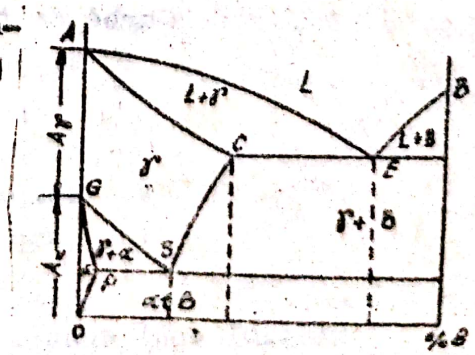


Fig.4.2.
Diagrama cu eutectoid

peratura ordinară va fi suprasaturată în B .

La răcire mai puţin rapidă soluţia γ se descompune în amestec eutectoid.

$$\gamma \longrightarrow \alpha + B$$

Acesta este cu atît mai grosolan cu cît răcirea este mai lentă.

Folosind diferite metode de răcire se pot obţine amestecuri de răcire cu diferite grade de dispersie. Cu cît amestecurile sînt mai fine cu atît proprietăţile de rezistenţă sînt mai ridicate iar cele plastice mai reduse.

Un tratament termic simplu este caracterizat prin variaţia temperaturii în funcţie de timp, deci factorii principali sînt temperatura şi timpul, de aceea orice tip de tratament termic poate fi reprezentat în coordonatele : temperatură (t^o)-timp(τ) (fig.4.3).

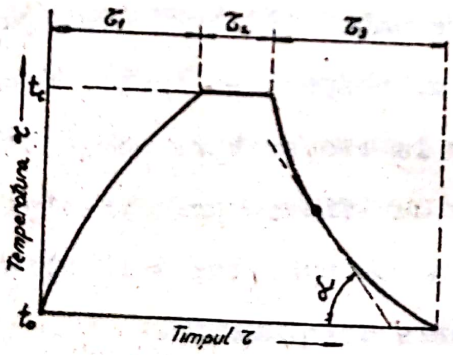


Fig. 4.3

Curbă de tratament termic

τ_1 timpul de încălzire

τ_2 timpul de menţinere

τ_3 timpul de răcire

t_c temperatura de încălzire

t_o temperatura obişnuită (de obicei 20°C)

Regimul unui tratament termic este caracterizat prin parametrii:

- viteza de încălzire ($v_{înc}$)
- temperatura de încălzire (t_c)
- timpul de menţinere (τ_2)
- viteza de răcire ($v_{răc}$)

Vitezele de încălzire sau de răcire pot fi medii şi reale.

Vitezele medii se raportează la întregul interval de temperatură şi sînt date de relaţiile :

$$v_{înc} = \frac{t_c - t_o}{\tau_1}$$

$$v_{răc} = \frac{t_o - t_o}{\tau_3}$$

deci sînt exprimate în grade raportate la unitatea de timp, secunde, minute sau ore.

In ce priveşte vitezele reale (v_r) :

- în cazul cînd curba încălzirii (răcirii) este o dreaptă, viteza de încălzire (răcire) este constantă şi valoarea vitezei medii de încălzire (răcire) este viteza reală pentru orice interval de temperaturi;

- în cazul cînd viteza de încălzire (răcire) variază în funcţie de temperatură, deci această dependenţă este reprezentată pe diagramă printr-o curbă (fig.4.3) viteza reală trebuie să fie raportată la temperatura dată, adică la o variaţie infinit de mică a temperaturii şi a timpului, deci v_r este prima derivată a temperaturii de variabila timp, adică :

$$v_r = \frac{dt}{d\tau}$$

Grafic, viteza reală se determină prin tangenta unghiului de înclinare a dreptei, care este tangenta la curba de încălzire sau de răcire la temperatura dată :

$$v_r = t_g \alpha$$

Tratamentele termice mai complexe alcătuite din mai multe încălziri, răciri, menţineri la diferite temperaturi etc., de asemenea pot fi reprezentate grafic în coordonate temperatură - timp (fig.4.4).

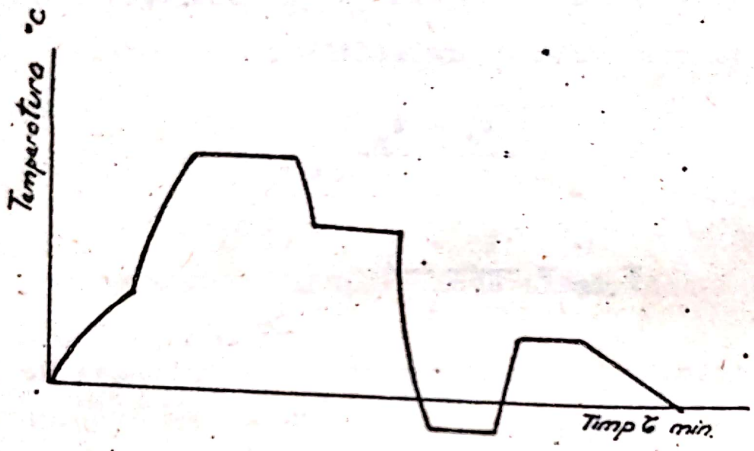


Fig. 4.4
Schema unui tratament termic complex.

4.2. Clasificarea tratamentelor termice

După cum în tratamentele termice procesele termice (încălziri şi răciri) sînt sau nu combinate şi cu alte procese chimice sau fizice deosebim :

A - tratamente termice propriu-zise

B - tratamente termochimice

C - tratamente termofizice

A. Tratamente termice propriu-zise

Sînt tratamentele termice în care intervin numai procese termice. Sînt cele mai utilizate tratamente în industrie şi pot fi grupate în trei categorii :

1 - recoacerea; 2 - călirea; 3 - revenirea.

1. Recoacerea este un tratament termic care comportă o încălzire şi menţinerea la o anumită temperatură urmată de răcire cu o viteză determinată, de obicei lentă, urmărind realizarea unui echilibru structural şi avînd diferite scopuri: micşorarea durităţii, ameliorarea prelucrabilităţii prin aşchiere, uşurarea prelucrării prin deformare plastică la rece, obţinerea unei anumite microstructuri sau a anumitor proprietăţi fizice, mecanice sau alte proprietăţi, îndepărtarea tensiunilor.

Astfel după scopul urmărit în cadrul recoacerilor deosebim următoarele feluri de recoaceri folosite mai des în practică:

- recoacerea pentru obţinerea stării de echilibru ;
- recoacerea de omogenizare ;
- recoacerea de normalizare ;
- recoacerea de înmuiere sau recoacerea de globulizare;
- recoacerea de recristalizare ;
- recoacerea de detensionare ;
- recoacerea de restaurare ;
- recoacerea la alb ;
- recoacerea izotermă etc .

Unele din aceste recoaceri nu necesită transformări de fază la încălzire cum este cazul recoacerilor de omogenizare, recristalizare, restaurare şi detensionare. Se aplică în cazul aliajelor care se găsesc într-o stare în afară de echilibru şi prin aceste tratamente sînt aduse la o stare mai stabilă.

Celelalte tipuri de recoaceri sînt bazate pe transformări de fază la încălzire, datorită modificărilor alotropice ale componenţilor sau variaţiei solubilităţii, transformări care apar în diagrama de echilibru.

2. Călirea. Este un tratament termic la care de asemenea au loc transformări de fază la încălzire iar la răcire se urmă-

resc stări în afară de echilibru.

3. Revenirea. Este un tratament termic care se aplică întotdeauna după călire şi constă dintr-o încălzire a aliajului călit până sub punctul critic de transformare urmat de o răcire de obicei lentă. Se urmăreşte aducerea aliajului călit într-o stare mai stabilă apropiindu-l de starea de echilibru.

- In funcţie de scopul urmărit şi locul pe care tratamentele termice îl ocupă în procesul de fabricaţie acestea se pot clasifica în felul următor :

1) Tratamente termice primare sau intermediare în care se includ normalizarea şi recoacerea. Se aplică lingourilor, pieselor turnate, pieselor forjate, laminate etc.

2) Tratamente termice secundare sau finale cum sînt călirea, revenirea, recoacerea de detensionare etc., aplicate diferitelor piese după prelucrările mecanice,

B. Tratamente termochimice

Sînt tratamentele în care procesele termice sînt însoţite şi de modificarea compoziţiei chimice a straturilor superficiale prin difuziune la temperaturi înalte a unor elemente. Au loc procese chimice atît în ceea ce priveşte mediul de tratament cît şi formarea de faze în stratul influenţat. Dintre aceste tratamente termochimice remarcăm : cementarea, nitrurarea, cianizarea, aluminizarea, silicizarea, cromizarea etc .

C. Tratamente termofizice

Sînt tratamente moderne în care procesele termice sînt combinate cu procese fizice. Astfel menţionăm :

- Tratamente termomecanice, cînd deformările plastice la cald sau la rece sînt asociate cu tratamente termice într-un singur proces tehnologic cu scopul îmbunătăţirii proprietăţilor

mecanice prin influenţarea cineticii transformărilor de fază.

- Tratamentele termomagnetice, cînd transformările sînt influenţate de un cîmp magnetic în care se efectuează unele din operaţiile obişnuite de tratament termic.

4.3. Tratamentele termice ale oţelurilor

4.3.1. Clasificarea transformărilor din oţeluri. Condiţii termodinamice

Cu ajutorul tratamentelor termice se pot realiza stări în afară de echilibru în structura materialului metalic sau dimpotrivă stări de echilibru. Pentru aceasta se foloseşte în general calea încălzirii sau răcirii în anumite condiţii.

Diagrama de echilibru arată fazele stabile în funcţie de condiţiile de temperatură şi de concentraţie şi liniile care limitează domeniile de stabilitate a diferitelor faze. Însă din diagramă nu rezultă de ce la o anumită temperatură este stabilă o anumită fază iar la altă temperatură altă fază şi de ce se produce transformarea. La interpretarea proceselor de tratament termic este important să se cunoască cauza pentru care procesul decurge într-un sens sau într-altul, din ce cauză faza iniţială se transformă într-o fază nouă şi care este forţa motoare a transformării.

Transformările care au loc datorită variaţiei condiţiilor externe sau interne - temperatură, presiune, concentraţie - sînt provocate de faptul că în condiţii modificate substanţa dată poate exista într-o altă stare, cu o rezervă de energie liberă mai mică sau cu potenţial termodinamic minim.

Potenţialul termodinamic E caracterizează deci starea energetică a sistemului şi are forma :

$$E = U - TS + \rho \Delta V$$

în care U - este energia totală a sistemului
T - temperatura absolută
S - entropia
p - presiunea
ΔV - variaţia de volum la transformare

Deoarece la transformările de fază în stare solidă şi din stare lichidă în stare solidă variaţiile de volum sînt mici, termenul $p\Delta V$ poate fi neglijat. In acest caz starea energetică a sistemului se caracterizează prin valoarea rezervei de energie liberă a sistemului F

$$F = U - TS$$

Referindu-ne la transformarea alotropică a fierului pur $Fe\alpha \rightleftharpoons Fe\gamma$ la 910°C se constată că ea este provocată de faptul că sub 910°C, Fe α are o energie liberă mai mică decît Fe γ, iar peste 910°C Fe γ are o energie liberă mai mică decît Fe α.

In fig. 4.5. se duc curbele care reprezintă schematic variaţia energiei libere a fierului cu temperatura sub cele două forme alotropice Fe α şi Fe γ.

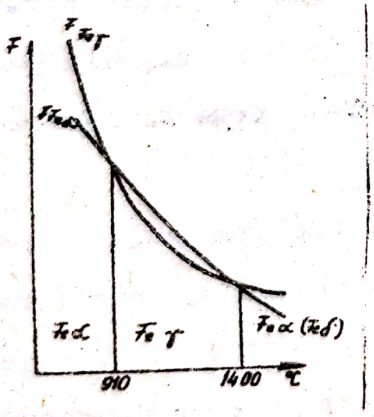


Fig. 4.5.
Variaţia energiilor libere ale fierului sub cele două stări alotropice Fe α şi Fe γ în funcţie de temperatură.

In cazul oţelurilor majoritatea tratamentelor termice este posibilă datorită modificării alotropice $Fe\alpha \rightleftharpoons Fe\gamma$ şi a descompunerii eutectoide a austenitei.

Partea din diagrama Fe-C corespunzătoare acestor transformări în stare solidă ale oţelurilor este prezentată în partea I a cursului

(vezi cap. 3.4.3, fig. 3.111).

Transformările de bază care au loc în oţeluri la încălziri şi răciri care decermină efectuarea tratamentelor termice derivă din variaţia energiei libere a structurilor şi din tendinţa de a se trece la o energie liberă mai mică. Constituienţii care participă la aceste transformări sînt:

- austenita (soluţia de fier δ cu carbon)
- martensita (soluţia suprasaturată de Fe α cu carbon, nestabilă)
- perlita (amestec de ferită + Fe_3C)

variaţia energiilor libere a acestor constituienţi sînt arătate în fig. 4.6.

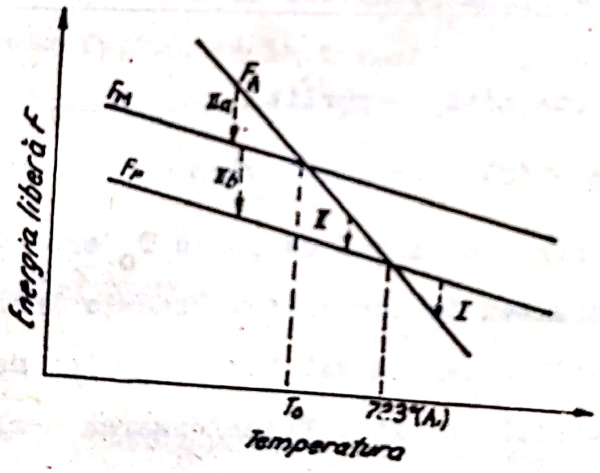


Fig. 4.6.
Variaţia energiilor libere pentru austenita F_A, martensita F_M şi perlita F_P .

Se constată următoarele :

- <u>formarea austenitei la încălzire</u> (I)

Perlita austenită

($Fe\alpha + Fe_3C \longrightarrow F_3\delta(C)$)

are loc peste A_1 , cînd austenita are energie liberă minimă.

- <u>transformarea austenitei la răcire</u> (II)

în structuri perlitice are loc sub A_1 .

Teoretic se observă şi practic se confirmă că se mai pot produce şi următoarele două transformări :

- <u>transformarea martensitică (II-a) la călire</u>

Austenita → martensită

$Fe\ \gamma\ (C) \longrightarrow Fe\ \alpha\ (C)$

la temperaturi sub T_o (temperatura de echilibru nestabil). austenita trece în martensită. Deşi, sub T_o structurile perlitice sînt mai stabile, lucrul mecanic necesar pentru transformarea austenitei în martensită este mai mic, astfel sub T_o formarea perlitei din austenită poate să aibă loc numai prin transformarea austenită-martensită şi martensită-perlită.

- <u>transformările martensitei la încălzire (II-b/la revenire)</u>

Martensită → perlită

$Fe\ \alpha\ (C) \longrightarrow Fe\ \alpha + Fe_3C$

Schema din fig.4.6. arată că peste T_o este posibilă transformarea martensitei în austenită. Practic însă acest lucru nu este realizabil deoarece mai întîi are loc mai uşor transformarea martensită perlită. Transformarea perlitei în martensită nu este posibilă deoarece la toate temperaturile martensita are o energie liberă mai mare.

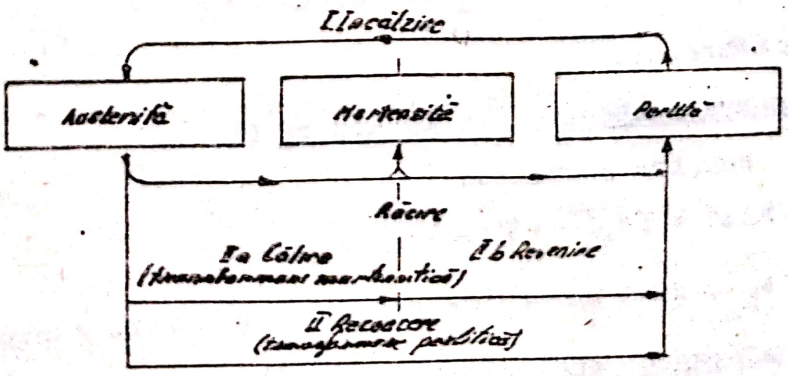


Fig. 4.7

Pentru stabilirea unei teorii unitare a tratamentelor termice ale oţelurilor transformările de mai sus se consideră ca părţi ale unei transformări generale continue, austenită - martensită - perlită arătat schematic în fig. 4.7.

Din punct de vedere al prezenţei difuziunii în procese, transformările din oţeluri pot fi împărţite în două grupe :

a. Cu difuziune : 1. Formarea austenitei
2. Transformarea perlitei
3. Revenirea înaltă

b. Fără difuziune: 1. Transformarea martensitică
2. Transformarea intermediară (bainitică)
3. Revenirea joasă.

Menţionăm faptul că la transformarea bainitică şi în anumite condiţii de temperatură la revenirea joasă, se petrec procese de difuziune a carbonului.

4.4. Transformările oţelului la încălzire

In cazul oţelurilor carbon, aplicarea majorităţii tratamentelor termice este posibilă datorită modificării alotropice $\gamma^{Fe} \rightleftharpoons \alpha$ a fierului şi a descompunerii eutectoide a austenitei.

La încălzirea oricărui oţel din diagrama fier-carbon, rezultatul transformărilor este austenita, care este structura iniţială a oţelurilor la tratamentul termic de recoacere şi călire.

Astfel la o încălzire lentă cu 30 ... 50°C peste punctul critic Ac_1 a unui oţel eutectoid se obţine o structură austenitică omogenă, centrele de cristalizare ale grăunţilor de austenită apar la interfeţele între cele două faze ale perlitei-

cementita şi ferita care se dizolvă, (fig.4.8) grăuntii de austenită cresc pînă ce toată structura devine austenitică.

In cazul oţelului hipoeutectoid de asemenea la temperatura Ac_1 are loc transformarea perlitei în austenită şi apoi prin creşterea treptată a temperaturii, procesul de transformare continuă prin dizolvarea feritei în austenită în intervalul de transformare $Ac_1 - Ac_3$. Deasupra temperaturii Ac_3 obţinîndu-se o singură fază, austenita.

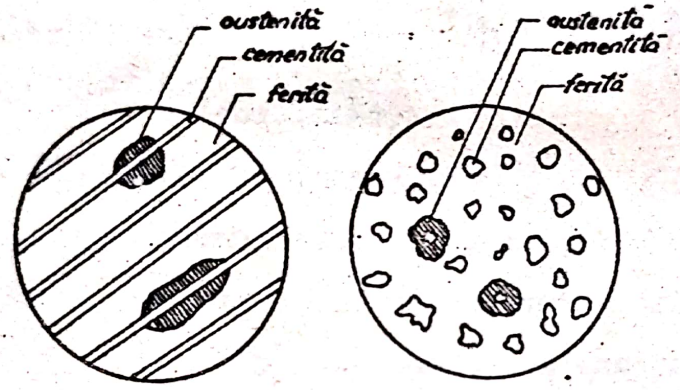


Fig. 4.8
Schema formării austenitei la limitele dintre ferită şi cementită.
a) la perlita lamelară; b) la perlita globulară.

In cazul oţelurilor hipereutectoide transformările au loc în mod analog numai că în acest caz faza în exces este cementita secundară. La temperatura Ac_1 perlita se transformă în austenită şi prin încălzire în continuare cementita se dizolvă treptat pînă la temperatura punctului Ac_{cem}.

4.4.1. Creşterea grăuntilor de austenită la încălzire

Dimensiunea medie a grăunţilor de austenită formaţi la încălzire din perlită la temperatura de transformare (Ac_3) este în mod obişnuit foarte mic (500-1000 μ^2) şi reprezintă aşa numitul grăunte iniţial de austenită.

Se constată că dacă structura inițială a fost o perlită lamelară, grăuntele austenitic, după transformare, va fi mai mare decît în cazul cînd structura a fost perlitică globulară.

Incălzirea în continuare sau menținerea, duc în continuare la creșterea grăunților de austenită. Tendința de creștere a cristalelor, ca și transformările de fază, se explică prin tendința sistemului de a-și micșora energia liberă.

Fenomenul de creștere a grăunților se numește supraîncălzire.Microstructura prezintă o structură grosolană; proprietățile mecanice vor fi scăzute, materialul devine fragil. Poate să apară structura "Widmannstätten" cu cristale mari, ferita sau respectiv cementita (constituienți proeutectoizi) avînd forms aciculare orientate la 120° în interiorul grăunților de perlită (fig.4.9).

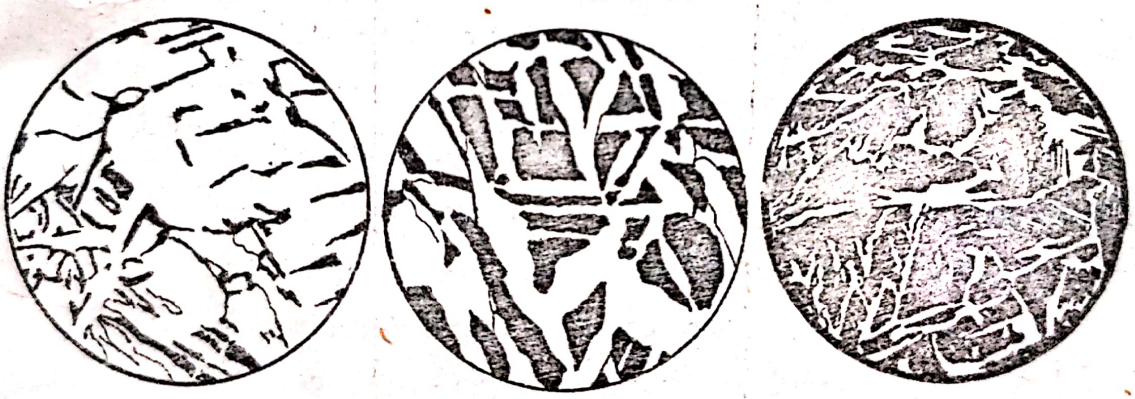


Fig. 4.9
Structura Widmannstätten.
a) la un oțel moale (x 50)
b) la un oțel cu conținut mediu de carbon (x 50)
c) la un oțel hipereutectoid (x 50)

Creșterea grăunților de austenită depinde de temperatură, timp și compoziție. O creștere vizibilă a grăuntelui începe la toate oțelurile la temperaturi peste Ac_3 cu 50°-100°C

şi atinge valori maxime la oţeluri cu conţinutul de carbon apropiat de eutectoid. La oţeluri moi creşterea este sensibilă numai la temperaturi mari (1200°C). Grăuntele de austenită final, obţinut în condiţii concrete de încălzire, se numeşte grăunte real de austenită.

Practic se constată creşteri diferite a grăuntelui austenitic la încălzire şi pentru oţeluri de aceeaşi compoziţie, depinzînd de modul de elaborare. Cauza este prezenţa incluziunilor ultramicroscopice de combinaţii greu fuzibile ca: Al_2O_3, SiO_2, nitruri, carburi, care aşezate la marginea grăunţilor de austenită formează bariere între grăunţi împiedicînd creşterea, determinînd ereditatea oţelului, adică tendinţa de creştere a grăunţilor de austenită la încălzire. Această proprietate se numeşte ereditate deoarece îşi are originea în factorii de la elaborare.

Prin <u>grăunte ereditar</u> se înţelege mărimea grăuntelui de austenită obţinut în urma unei anumite încercări tehnologice, de obicei prin încălziri la temperaturi care depăşesc cu mult Ac_1 (900-1000°C). Grăuntele ereditar caracterizează deşi nu complet, tendinţa grăuntelui austenitic la creştere.

In privinţa tendinţei de creştere a grăuntelui oţelului se deosebesc două tipuri de oţeluri: cu grăunte ereditar fin şi cu grăunte ereditar grosolan. Oţelurile de primul tip se caracterizează printr-o tendinţă redusă de creştere a grăuntelui iar cele de-al doilea tip printr-o tendinţă accentuată de creştere. Variaţia dimensiunilor grăuntelui la încălzirea a două oţeluri, principial diferite în privinţa cineticii creşterii grăuntelui, este arătată în fig. 4.1c.

Transformarea perlitei în austenită peste punctul critic Ac_1 este însoţită de micşorarea intensă a dimensiunilor

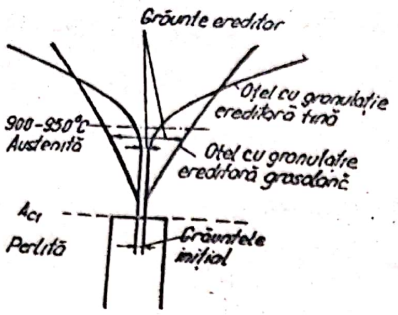


Fig.4.1o
Schema creșterii grăuntelui într-un oțel cu granulație ereditară grosolană și un oțel cu granulație fină.

grăuntelui. La încălzirea în continuare grăuntele de austenită din oțelul cu structură ereditară fină nu crește chiar dacă încălzirea se face pînă la temperaturi foarte înalte, de obicei de ordinul 95o - 1ooo°C. Dacă se depășesc aceste temperaturi se înlătură factorii care împiedică creșterea și grăuntele începe să crească rapid- La oțelul cu granulație ereditară grosolană, creșterea grăuntelui nu este împiedicată și începe imediat după depășirea punctului critic.

La 9oo-95o°C diferența dintre oțelul cu granulație ereditară fină și cel cu granulație ereditară grosolană este mare. Tendința de creștere a grăuntelui, deci sensibilitatea la supraîncălzire, are o mare importanță la tratamentele termice influențînd nefavorabil factorii tehnologici ai tratamentului (temperatură, durată de menținere),cinetica transformărilor și proprietăților ulterioare.

4.5. Transformările oțelului la răcire.

Transformarea perlitică

La răcirea lentă a oțelului la A_1(723°C) are loc transformarea perlitică. Astfel la traversarea zonei de transformare (A_3-A_1 pentru oțelurile hipoeutectoide și respectiv A_{cem}-A_1 pentru oțelurile hipereutectoide) din austenită se separă faza de exces (ferita sau cementita) și la temperatura de 723°C

conţinutul în carbon al austenitei va fi o,8o%C şi astfel se va transforma în perlită prin descompunerea ei într-un amestec fin de ferită şi cementită lamelară sau globulară. Astfel :

$$Fe\ \gamma\ (C) \rightarrow Fe\ \alpha\ (C) + Fe_3C$$

cu o,8o%C o,o2%C 6,67%C

pe baza acestei transformări se poate elabora o teorie unitară a tratamentelor termice ale oţelurilor.

Considerînd un oţel eutectoid încălzit şi apoi răcit brusc pînă sub Ar_1(68o-7oo°C) şi menţinut la această temperatură se pot deosebi trei stadii de transformare (fig.4.11).

I - Transformarea alotropică $Fe\ \gamma \rightarrow Fe\ \alpha$.

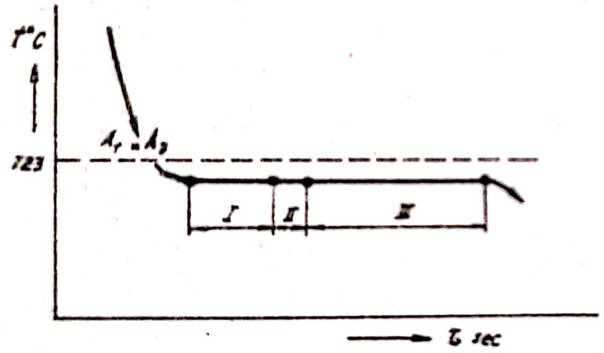


Fig.4.11
Stadiile transformării perlitice pentru un oţel eutectoid.

Soluţia solidă γ (austenita) cristalizează cubic cu feţe centrate, atomul de carbon fiind aşezat în centrul liber al volumului. După transformare, fierul α cristalizează în cub cu volum centrat cu un atom de fier în centrul cubului. Deoerece fierul α nu dizolvă carbonul, atomul de carbon neavînd loc caută să se deplaseze înspre exteriorul celulei spre centrul unei feţe a cubului. In primul stadiu de transformare însă carbonul nu poate fi eliminat rămînînd în soluţie deformînd (tensionînd) reţeaua, mărind un parametru în direcţia în care îşi face drum de exemplu "c" , obţinîndu-se astfel o soluţie solidă de fier α cu carbon suprasaturată, tensionată, cu reţea tetragonală

(fig.4.12) numită martensită.

Stadiul al doilea (II) corespunde germinării. Carbonul se separă din soluţia solidă sub formă de carburi la început moleculare de formă generală Fe_xC extrem de fin dispersate. Treptat prin difuziune, aceste carburi tind spre Fe_3C (cementita).

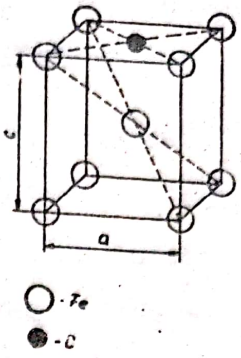


Fig.4.12
Celula tetragonală a martensitei.

Ultimul stadiu (III) corespunde creşterii grăunţilor. Prin difuziune se produce aglomerarea fazei disperse (cementita) pe fond de ferită ajungîndu-se la amestecuri din ce în ce mai puţin disperse. Acest stadiu corespunde deci creşterii grăunţilor.

Dacă transformarea perlitică descrisă care a avut loc la temperatură constantă am putea teoretic s-o oprim în diferite stadii atunci s-ar obţine diferite structuri în afară de echilibru, fie soluţii solide, fie corespunzătoare la amestecuri cu diferite grade de dispersie în ordinea :

austenită-soluţia solidă δ suprarăcită ;

martensită-soluţie solidă α cu reţea deformată ;

troostită-amestec de ferită şi cementită extrem de fin dispers ;

sorbită-amestec de ferită şi cementită fin dispersă;

perlită-amestec de ferită şi cementită grosolan.

Intre aceste structuri, austenita (suprarăcită) şi martensita sînt stări în afară de echilibru, soluţii solide, iar celelalte sînt bifazice (amestecuri) şi poartă numele general de structuri perlitice, care diferă între ele numai prin fineţea constituenţilor neexistînd între ele o delimitare categorică.

4.5.1. Formarea structurilor prin transformare izotermă

Factorii care influenţează asupra gradului de transformare sînt temperatura la care se răceşte şi durata de menţinere. Astfel răcind şi menţinînd austenita la temperaturi cu puţin sub A_1 se obţine perlita. Răcind şi menţinînd la temperaturi din ce în ce mai joase se obţine sorbita, troostită şi începînd de la circa 200°C (punctul Ms) în jos printr-o răcire continuă se obţine martensita.

Aceste transformări sînt arătate schematic în fig.4.13.

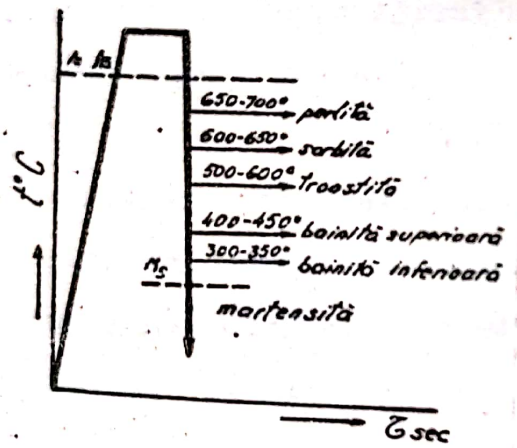


Fig.4.13
Transformările austenitei suprarăcite la menţinere izotermă.

Se observă că între structurile perlitice şi martensitice, prin menţinere izotermă între 300-450°C se formează o altă categorie de structuri intermediare cunoscute sub numele general de bainită. Dacă ne referim la o răcire continuă a austenitei în diferite medii, transformarea ei va fi cu atît mai deplină cu cît viteza de răcire este mai mică (fig.4.14).

Transformarea martensitică începe la o anumită temperatură, care reprezintă începutul domeniului de temperaturi al transformării martensitice. Această temperatură se notează Ms ; în jos urmează un interval de temperatură de

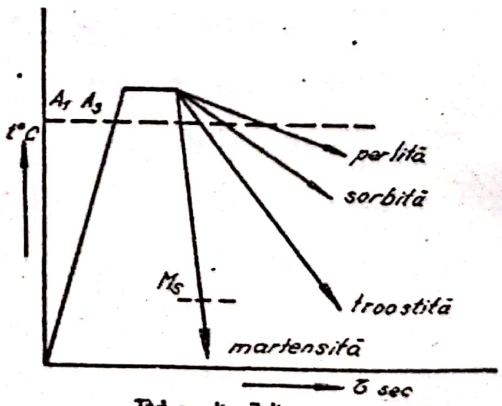


Fig.4.14
Transformările austenitei la răcire continuă.

transformări martensitice, iar sfîrşitul transformării se notează cu Mf . Valorile temperaturilor Ms şi Mf depind de conţinutul de carbon şi de elemente de aliere în oţelul respectiv.

In fig. 4.15 se prezintă poziţia punctelor Ms şi Mf la oţelurile carbon.

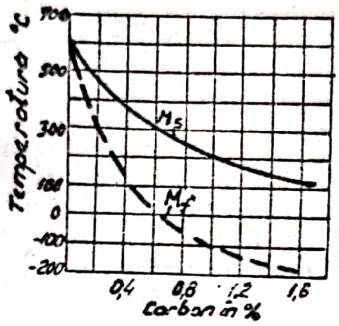


Fig. 4.15
Variaţia punctelor de transformare martensitice Ms şi Mf în funcţie de conţinutul de carbon.

4.5.2. Transformarea austenitei la răcire continuă. Influenţa vitezei de răcire asupra punctelor critice

Pînă la descoperirea procesului de descompunere izotermică a austenitei toate fenomenele călirii erau legate de viteza de răcire a probei şi starea obţinută se determina în funcţie de aceasta din urmă. Prin stabilirea legăturii între viteza de răcire şi locul punctelor critice care corespund cunoscutelor transformări la călire cu formarea sorbitei, troostitei, bainitei şi martensitei, au fost lămurite aproape toate fenomenele. Această dependenţă determinată în aspectul ei final pentru un oţel eutectoid este arătată în diagrama din fig.4.16.

Se vede că pe măsură ce viteza de răcire creşte, punctul critic al transformării perlitice Ar_1 coboară continuu şi deoarece pe măsură ce viteza de răcire creşte, în loc de per-

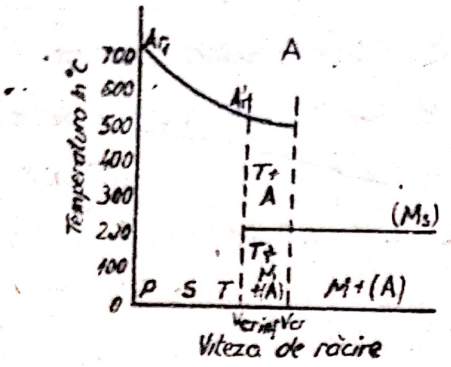


Fig. 4.16
Variaţia punctelor critice cu viteza de răcire pentru un oţel eutectoid.

lită se obţine sorbită şi troostită (stări în afară echilibru) s-a convenit ca aceste puncte critice să fie însemnate cu Ar'. La o anumită viteză de răcire Vcr inf apare punctul Ms de început de formare a martensitei.

Acest punct Ms pentru oţelul considerat nu depinde de viteza de răcire şi se obţine la temperatura constantă. Incepînd de la viteza de răcire Vcr, punctul de transformare Ar' dispare şi rămîne numai punctul martensitic Ms. Viteza de răcire la care apare transformarea martensitică Ms concomitent cu transformarea de natură perlitică (troostită) Ar' se numeşte viteză critică inferioară şi s-a notat pe diagramă cu Vcr inf. Viteza la care nu mai are loc transformarea perlitică se numeşte viteză critică superioară sau simplu viteză critică. La această viteză de răcire rezultă structură martensitică plus austenită reziduală.

4.5.3. Descompunerea izotermă a austenitei suprarăcite

Răcind austenita brusc la o temperatură oarecare sub A_1 menţinînd-o la această temperatură, transformarea ei vizibilă începe numai după o perioadă de timp, numită perioadă de incubaţie.

Perioada de incubaţie depinde de temperatura la care are loc transformarea austenitei suprarăcite şi de asemenea durata de transformare este în funcţie de temperatura la care se produce fenomenul.

Determinînd curbele transformărilor izoterme pentru diferite temperaturi şi stabilind locul geometric al punctelor începutului şi sfîrşitului de transformare, se obţine diagrama de transformare izotermă a austenitei sau diagrama TTT (transformare temperatură timp).In fig.4.17 se prezintă diagrama TTT pentru un oţel eutectoid.

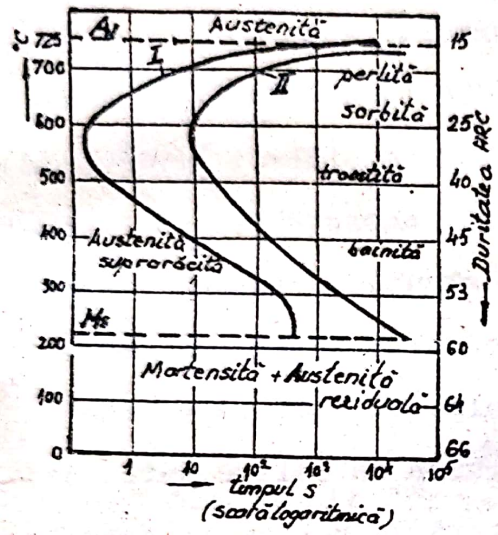


Fig. 4.17
Diagrama TTT pentru un oţel eutectoid.

Limita superioară a diagramei este marcată de punctul A_1 (723°C) iar limita inferioară prin punctul martensitic Ms (circa 210°C pentru oţelul eutectoid). Curba I indică începutul transformării austenitei suprarăcite şi caracterizează stabilitatea ei. Ea arată că perioada de incubaţie este diferită la temperaturi diferite şi pentru oţelul considerat este cea mai scurtă în intervalul de temperatură 550-600°C (minimul de stabilitate al austenitei). Sfîrşitul transformării se determină prin curba II.

In stînga curbei I se află domeniul de existenţă a austenitei suprarăcite, între cele două curbe se găseşte austenita în curs de transformare alături de produsele de transformare iar la dreapta celei de a doua curbe sînt produsele obţinute prin descompunerea austenitei suprarăcite la diferite temperaturi. Sub linia Ms se formează martensita. Asociind diagrama TTT cu o serie de curbe de răcire continuă indicînd diferite viteze de răcire, intersecţia acestora cu liniile începutului şi sfîrşitului de transformare vor arăta aproximativ începutul şi sfîrşitul obţinerii diferitelor structuri la răcire conti-

Scanned with OKEN Scanner

nuă. In fig. 4.18 se arată schematic 7 curbe de răcire continuă de diferite viteze şi structurile obţinute în urma transformărilor izotermice a austenitei suprarăcite.

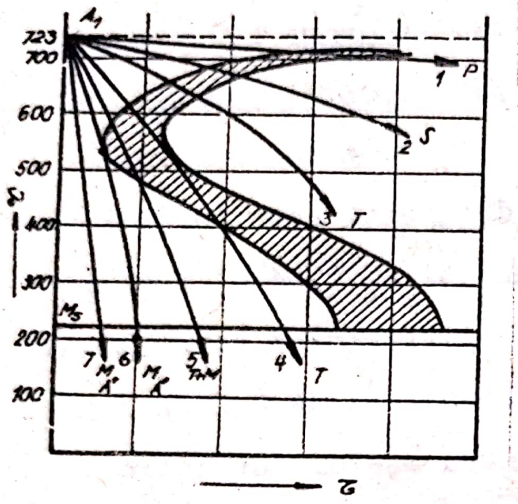


Fig. 4.18
Curbe de răcire în diagrama TTT.

In cazul din figură curba de răcire 6 tangentă la linia începutului transformării este viteza critică de călire Vcr pentru oţelul considerat (eutectoid). Peste această viteză întreaga structură este martensitică plus austenită reziduală. Se vede că viteza critică de călire este acea viteză de răcire la care austenita nu începe să treacă în troostită nici chiar în perioada celei mai reduse stabilităţi. Cu cît stabilitatea austenitei va fi mai mică cu atît mai mare trebuie să fie viteza de răcire a epruvetei care se călește, deci viteza critică de călire creşte corespunzător. Si invers deplasarea inflexiunii spre dreapta provoacă micşorarea vitezei critice de călire adică uşurează călirea.

Asupra aspectului şi poziţiei diagramei TTT influenţează numeroşi factori care, în final se reflectă asupra călibilităţii oţelurilor prin modificarea vitezei critice de călire. Dintre aceştia menţionăm :

- Influenţa carbonului. Diagramele TTT pentru oţelurile hipoeutectoide şi hipereutectoide comparativ cu diagrama TTT pentru oţelul eutectoid au aceeaşi formă însă sînt deplasate spre stînga deoarece descompunerea austenitei începe mai repe-

de. Viteza critică de călire la aceste oţeluri este mai mare. De asemenea prezintă cîte o curbă asimptotică la A_3 (începutul separării feritei) în cazul oţelurilor hipoeutectoide şi respectiv la A_{cem}(începutul separării cementitei secundare) în cazul oţelurilor hipereutecdoide (fig.4.19).

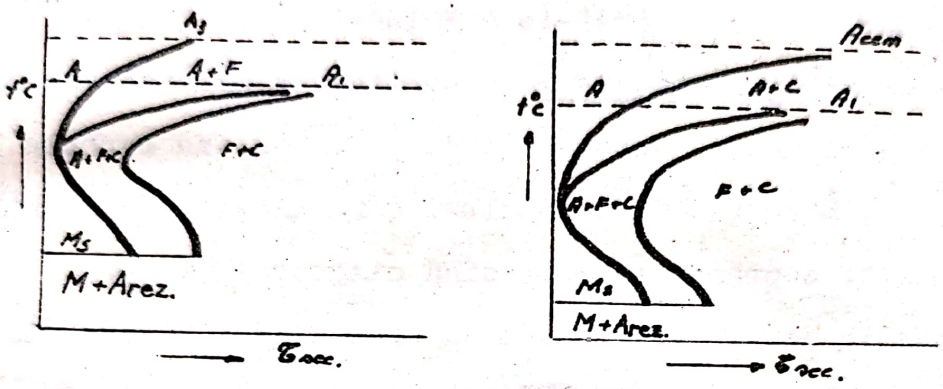


Fig. 4.19
Diagramele TTT pentru oţeluri hipo şi hipereutectoide.

Rezultă din cele de mai sus că viteza critică de călire este influenţată de conţinutul de carbon. In fig. 4.2o este arătată această influenţă. In cazul călirii complete (de la temperaturi peste zona de transformare A_3 şi respectiv A_{cem}) această influenţă este arătată de curba 1. Se observă că viteza critică scade continuu, diagrama TTT fiind deplasată spre dreapta.

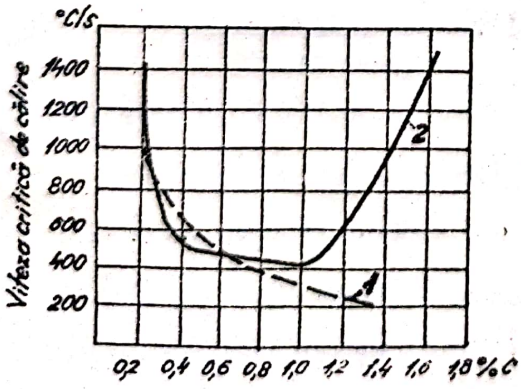


Fig. 4.2o

In cazul călirii incomplete, adică de la temperaturi din zona de transformare (între A_1, A_3 şi respectiv A_1,A_{cem})se constată că viteza critică de călire creşte pentru oţelurile hipereutectoide (curba 2). Acest fapt se

explică prin prezența în aceste oțeluri a nucleelor de cementită secundară care ușurează descompunerea austenitei. Poziția curbelor TTT este de asemenea influențată de toți factorii care influențează viteza de cristalizare a perlitei cum sînt :

- Particule insolubile ca oxizi, carburi, compuși intermetalici care formează centre de cristalizare ușurînd transformarea, deplasează diagramele TTT la stînga.

- Compoziția chimică a austenitei. Elementele de aliere întîrzie transformarea austenitei deci deplasează curbele TTT spre dreapta. Excepție face cobaltul care micșorează stabilitatea austenitei suprarăcite deplasînd diagrama TTT spre stînga. De asemenea în cazul cînd austenita este neomogenă stabilitatea ei scade și astfel diagrama TTT este deplasată la stînga.

- Mărimea grăuntelui de austenită. Cu cît austenita este sub formă de grăunți mai mari austenita suprarăcită este mai stabilă deci diagrama TTT deplasată la dreapta și viteza critică de călire este mai mică.

Printre factorii care măresc stabilitatea austenitei suprarăcite și coboară viteza critică de călire, trebuie considerată temperatura ridicată de încălzire a austenitei.

4.5.4. Diagrama TTT pentru transformarea austenitei la răcire continuă (Diagrama CCT)

Deoarece în practica industrială se aplică cu precădere tratamente termice, variind atît temperatura cît și timpul, pentru a putea aprecia cantitativ transformările la diferite viteze de răcire, s-au trasat diagrame TTT pentru răcire continuă. Aceste diagrame (curbe la răcire continuă) au fost denumite diagrame CCT. După cum s-a arătat cu cît viteza de răcire este mai mare punctul de transformare Ar_1 va

fi deplasat mai jos şi astfel se pot obţine structuri perlitice din ce în ce mai fine. In felul acesta se poate construi pentru un anumit oţel diagramele corespunzătoare răcirii continue. Aspectul general al unei diagrame la răcire a austenitei (CCT) pentru un oţel hipoeutectoid este prezentat în fig. 4.21. Semnificaţia diferitelor curbe este următoarea :

a - începutul formării feritei proeutectoide ;

b şi c - începutul respectiv sfîrşitul formării perlitei ;

d şi e - începutul respectiv sfîrşitul transformării de tip bainitic ;

f - începutul (Ms) transformării de tip martensitic.

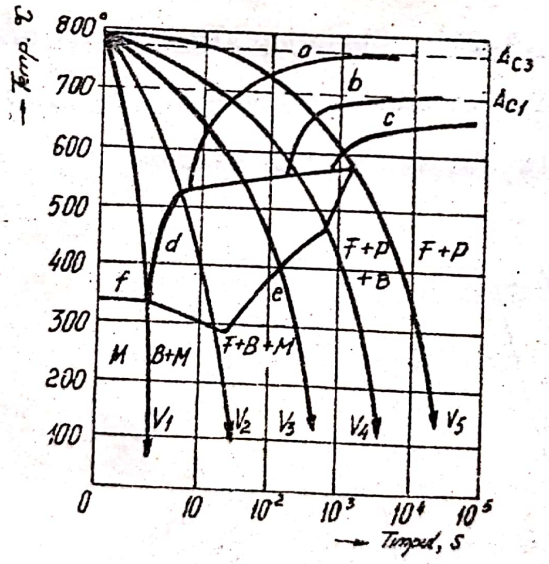


Fig. 4.21
Diagrama la răcire anizotermă (CCT)-schemă.

In funcţie de vitezele de răcire aplicate se pot obţine diferitele transformări structurale. Astfel după cum se vede din fig. 4.21 la viteze de răcire mai mici decît V_5 :

austenita (A) ⟶ ferita (F) + perlita (P)

la V_5 ... V_4 : austenita ⟶ ferita + perlita + bainita (B) ;

la V_4 ... V_3 : austenita ⟶ ferita + bainita ;

Scanned with OKEN Scanner

la $v_3 \ldots v_2$: austenita ⟶ ferita+bainita+martensita (M) ;
la $v_2 \ldots v_1$: austenita ⟶ bainita + martensita și
sub v_1 : austenita ⟶ martensita

In funcţie de compoziţia chimică a oţelului diagramele CCT pot prezenta diferite aspecte : cu linii de separare a fazelor proeutectoide, cu sau fără domenii distincte pentru transformările de tip perlitic şi bainitic, cu sau fără întreruperea transformării austenitei.

4.5.5. Formarea structurilor prin revenire

Diferite structuri arătate mai sus se pot obţine şi prin revenire, adică realizînd întîi martensită prin călire (răcire bruscă) şi apoi reîncălzirea acesteia la diferite temperaturi sub A_1 (fig.4.22). Structurile vor fi analoage : troostită, sorbită de revenire, cu unele proprietăţi diferite în comparaţie cu cele obţinute prin călire.

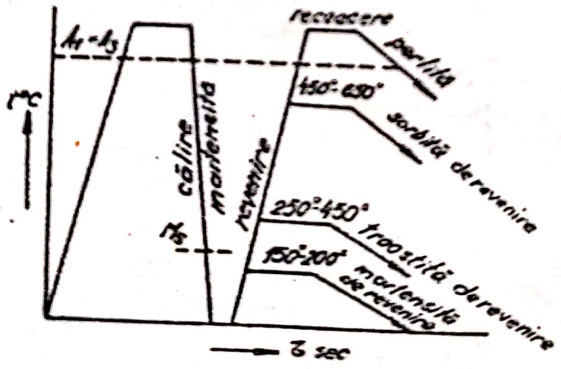


Fig. 4.22
Obţinerea structurilor prin revenire

4.6. Proprietăţile structurilor de tratament termic

Austenita. Acest constituient se poate obţine la temperatura ambiantă printr-o răcire extrem de rapidă sau în mod

obişnuit prin aliere. La oţelurile carbon se poate obţine sub formă de austenită reziduală sau remanentă alături de martensită. Dintre proprietăţile austenitei se remarcă: volum specific minim faţă de ceilalţi constituienţi, deci greutatea specifică maximă (7,96 gf/cm^3 pentru austenita eutectoidă), duritate relativ scăzută (200-250 HB), rezilienţă şi rezistenţă ridicate (R≈100 daN/mm^2) proprietăţi plastice ridicate,(A=50% pentru austenita aliată), rezistenţă la coroziune, rezistivitate electrică ridicată, paramagnetism.

Martensita. Este constituientul tipic de călire. Este cel mai dur constituient al oţelurilor (cu excepţia cementitei). Are duritatea de 600-650 HB, (62-66 HRC). Duritatea creşte cu conţinutul de carbon. Este fragilă. Martensita este o soluţie solidă instabilă suprasaturată a carbonului în fier α, cu reţeaua deformată (tetragonală). Are greutatea specifică mică (7,75 gf/cm^3 la compoziţia eutectoidă) deci volum specific maxim faţă de ceilalţi constituienţi, ceea ce cauzează tensiuni şi crăpături. Este rezistentă la coroziune şi este magnetică, fiind pe bază de fier α. La microscop are un aspect de ace în formă de vîrf de lance, pe fond de austenită reziduală. Cu cît temperatura de călire este mai ridicată, martensita este mai grosolană, datorită unor cristale iniţiale de austenită mari. Martensita de revenire este de culoare închisă. Pentru oţeluri carbon apropiate de compoziţia eutectoidă, călite de la temperaturi apropiate de A_1 precum şi pentru unele oţeluri aliate de scule unde prezenţa carburilor globulare frînează formarea acelor mari de martensită, aceasta este extrem de fină practic neputîndu-se identifica o structură aciculară. O astfel de structură poartă denumirea de hardenită sau criptomartensită sau martensită fără structură. Dacă în cazul unui oţel hipoeutectoid călirea se face de la o temperatură între A_1 şi A_3 ,

după călire în fondul de martensită rămîn insule de ferită care scad duritatea şi rezistenţa. In acest caz avem o călire incompletă. In fig. 4.23 se prezintă diferite structuri martensitice amintite mai sus.

Fig. 4.23
Structuri martensitice.
a - martensită grosolană de călire; b - martensită de revenire, bainită inferioară; c - martensită fină ;
d - martensită + ferită .

Troostită. Se obţine la o călire mai puţin energică, este un amestec de ferită şi cementită extrem de fin dispers si apare la microscop în formă de pete negre sferoidale de obicei pe cîmp martensitic (fig.4.24.a). La microscopul electronic apare sub formă de structură lamelară de ferită şi cementită (structură perlitică, vezi fig. 4.24.b).

Scanned with OKEN Scanner

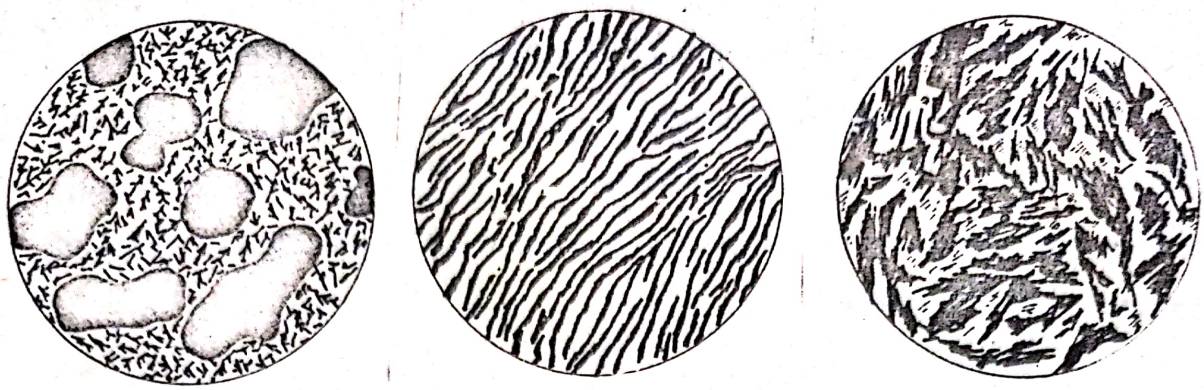


Fig. 4.24
Structuri troostitice.
a - troostită (500:1); b - troostită (15000:1);
c - bainită superioară (500:1).

Troostita are o duritate şi rezistenţă mai mică decît martensita (circa 400 HB≈40 HRC) dar nu este fragilă.

Bainita este o structură intermediară între troostită şi martensită. Bainita, constă dintr-un amestec extrem de fin, de ferită şi carburi de diferite forme, care încă nu au ajuns la forma finală Fe_3C. Rezistenţa şi duritatea ridicată a bainitei este însoţită şi de o bună rezilienţă. Bainita obţinută izoterm între 450...300°C este o troostită aciculară. Bainita obţinută izoterm la 300-350°C este numită bainita inferioară. Ea este mai apropiată de martensită avînd duritatea 550 HB≈ 55 HRC . Bainita obţinută la 400-450°C numită bainită superioară cu duritatea 450 HB ≈ 45 HRC este mai apropiată de troostită. (fig.4.24.c).

Sorbita se obţine la o răcire continuă mai lentă decît troostita sau printr-o transformare izotermă la o temperatură mai ridicată. Este un amestec între ferită şi cementită mai puţin fin decît troostita dar mai fin decît perlita. Sorbita de călire are o structură lamelară iar cea de revenire are o structură globulară. Rezistenţa şi duritatea sorbitei (circa

250 HB) sînt intermediare între troostită şi perlită.

Perlita este o structură de echilibru obţinută la răcire lentă este un amestec mecanic de ferită şi cementită mai puţin fină ca sorbita cu duritatea circa 180 HB, R=80 daN/mm^2, A=10%, γ=7,79 gf/cm^3.

4.7. Recoacerea oţelurilor

Generalităţi

Recoacerea constă în încălzirea oţelului pînă la o anumită temperatură (superioară, inferioară, sau în intervalul de transformare), menţinere la această temperatură timpul necesar, urmată de o răcire de obicei lentă pentru a realiza un anumit echilibru fizic şi structural.

Temperaturile de încălzire, vitezele de încălzire şi duratele de menţinere se stabilesc pe baza diagramei fier - carbon, în funcţie de scopul urmărit, compoziţia chimică a oţelului (%C), dimensiunile pieselor şi complexitatea formei lor. In fig. 4.25 se prezintă schematic domeniile temperaturilor de încălzire pentru diferitele tipuri de recoacere aplicate oţelurilor.

In general se consideră recoacere completă cînd încălzirea se face peste Ac_3 , respectiv Ac_{cem} şi recoacerea incompletă cînd încălzirea se face în zona de transformare adică între Ac_1 şi Ac_3 , respectiv Ac_1 şi Ac_{cem} .

Recoacerea completă se foloseşte mai ales după deformare la cald a oţelurilor carbon şi aliate. Scopul recoacerii pieselor de oţel deformate la cald constă mai ales în transformarea completă a fazelor pentru finisarea granulaţiei, micşorarea durităţii oţelului, pentru uşurarea prelucrării

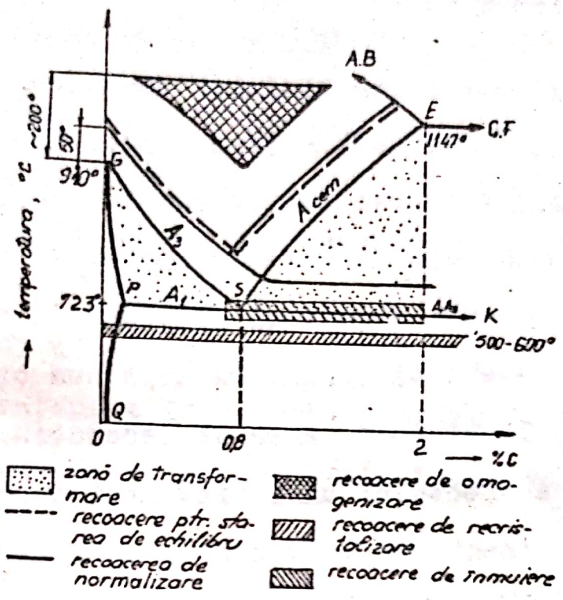


Fig. 4.25

ulterioare prin aşchiere şi pentru înlăturarea tensiunilor interne.

La recoacerea incompletă se transformă numai perlita în timp ce ferita la oţelurile hipoeutectoide se transformă numai parţial, iar cementita în cazul oţelurilor hipereutectoide rămîne neschimbată. Această recoacere se aplică pentru eliminarea tensiunilor interne şi pentru recristalizarea perlitei în vederea modificării proprietăţilor. Această recoacere se aplică oţelurilor carbon pentru scule, oţelurilor de rulmenţi, în scopul globulizării cementitei, micşorării durităţii şi ridicării prelucrabilităţii.

După efectul realizat, respectiv scopul tratamentului aplicat oţelurilor se disting următoarele tipuri de recoaceri:

4.7.1. Recoacerea pentru obținerea stării de echilibru

Constă în încălzirea oțelului peste Ac_3 respectiv Ac_{cem} cu 30 ... 50° menținere pentru omogenizarea austenitei și urmată de o răcire foarte lentă, odată cu cuptorul (10 ... ... 20°C/oră). Are ca scop aducerea oțelului în stare de echilibru, adică obținerea unei structuri perlitice lamelare însoțită de ferită sau de cementită secundară după cum oțelul este hipoeutectoid sau hipereutectoid. Această recoacere se folosește pentru distrugerea efectului unui tratament termic anterior necunoscut sau incorect efectuat care a adus oțelul într-o stare de în afară de echilibru . Oțelul în stare de echilibru are o duritate mai mică decît oțelul în afară de echilibru, astfel că poate fi prelucrat prin așchiere mult mai ușor.

Factorul cel mai important și mai necesar pentru acest tratament este viteza de răcire obligator mică. Din cauza răcirii lente pe un interval mare de temperatură, timpul necesar unei astfel de recoaceri este lung, ceea ce constituie un neajuns al acestei operații. Acest neajuns se reduce simțitor, dacă se face așa numita recoacere izotermă.

4.7.2. Recoacerea izotermă constă din încălzire la o temperatură deasupra lui Ac_3 pentru oțelurile hipoeutectoide sau deasupra punctului Ac_1, Ac_3 sau Ac_{cem} pentru oțelurile hipereutectoide, menținerea la aceste temperaturi pînă la realizarea echilibrului structural și apoi răcirea rapidă la o temperatură puțin inferioară lui Ar_1 cu menținere la aceasta pînă la transformarea totală a austenitei în perlită. Răcirea ulterioară pînă la temperatura obișnuită se poate efectua mai

mult sau mai puţin rapid.

4.7.3. Recoacerea de omogenizare

Este o recoacere de difuziune ce se aplică atît oţelurilor turnate cît şi la alte aliaje care prezintă neomogenitate din punct de vedere chimic ca urmare a segregaţiilor (dendritice sau zonale) produse în timpul cristalizării.

Tratamentul constă dintr-o încălzire la o temperatură cît mai înaltă, menţinere îndelungată pentru favorizarea difuziunii în stare solidă în scopul egalizării concentraţiilor, urmată de răcire lentă.

In cazul oţelurilor încălzirea se face cu circa 2oo°C peste liniile de transformare A_3 şi A_{cem} deci practic 1loo ... ... 115o°C (vezi fig. 4.25) timp de lo-15 ore după care urmează o răcire lentă cu viteza de cca loo°C/oră. In urma acestei recoaceri se obţine o structură grosolană de supraîncălzire cu proprietăţi mecanice nefavorabile. Ulterior în cazul pieselor turnate, pentru fărămiţarea grăunţilor şi îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice se aplică o recoacere de normalizare (normalizarea) sau recoacere pentru fărămiţarea grăunţilor.

4.7.4. Recoacerea de normalizare

Se utilizează pentru obţinerea unei structuri fine şi uniforme dintr-o structură grosolană provenită din turnare sau supraîncălzire.

Normalizarea constă în încălzirea oţelului peste A_3 respectiv A_{cem} cu 3o-5o°C, cu menţinerea pentru omogenizarea temperaturii şi răcire lentă în aer (loo ... 2oo°C/h). Fărămiţarea grăunţilor mari se bazează pe transformarea $\alpha \longrightarrow \delta$. La trecerea peste punctul critic A_3 apar numeroase centre de

austenită în interiorul grăunţilor mari şi dacă temperatura este apropiată de A_3 şi menţinerea scurtă, se obţine o structură austenitică fină şi uniformă. Structura fină se va menţine şi după răcire.

Pentru oţelurile hipereutectoide pot surveni două cazuri:

- dacă cementita secundară nu este în reţea, normalizarea se face prin încălzire peste A_1 care se confundă cu A_3 urmată de răcire în aer ;

- dacă cementita este în reţea, care delimitează grăunţi grosolani şi nu permit obţinerea de structuri fine, mai întîi trebuie dizolvată această reţea printr-o încălzire deasupra lui A_{cem} şi apoi prin răcire în aer cementita nu se mai separă sub formă de reţea grosolană de formă iniţială ce se obţine la o răcire foarte lentă pentru starea de echilibru. In acest caz se poate aplica şi un tratament dublu ce constă în următoarele :

- încălzire peste A_{cem} urmată de o răcire rapidă pentru distrugerea reţelei de cementită şi apoi reîncălzirea peste A_1 şi răcire în aer.

Factorul cel mai important al acestui tratament este temperatura de încălzire. In urma acestui tratament se îmbunătăţesc în mod simţitor caracteristicile mecanice ale oţelului, cum sînt : limita de curgere, rezistenţa la rupere, alungirea relativă, rezilienţa etc.

Prin viteza de răcire în aer, normalizarea este un tratament intermediar între recoacerea propriu-zisă şi călire.

4.7.5. Recoacerea de înmuiere sau de globulizare

Se aplică oţelurilor cu un conţinut de carbon mai mare de 0,65% C şi urmăreşte să dea carburilor o formă globulară favorabilă prelucrării prin aşchiere, prelucrării prin defor-

mare la rece şi tratamentelor termice următoare.Constă în încălzirea oţelului peste temperatura A_1, apoi răcirea şi menţinerea de cîteva ore imediat sub temperatura lui A_1, urmată de o răcire lentă în cuptor.

Rezultatele bune şi într-un timp mai scurt se pot obţine printr-o recoacere pendulară care constă din încălziri şi răciri alternative în jurul punctului A_1 , oscilaţiile fiind plus minus 1o ... 2o°C arătat schematic în fig. 4.26.

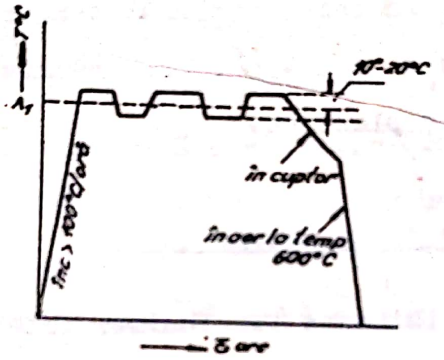


Fig. 4.26
Recoacerea pendulară pentru globulizarea carburilor.

Se obţine o perlită globulară arătată în fig. 4.27.

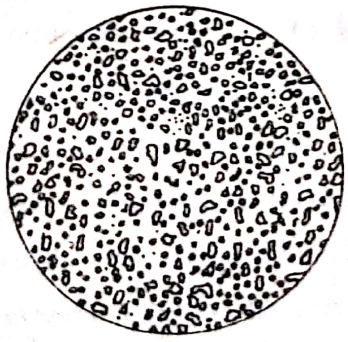


Fig. 4.27

4.7.6. Recoacerea de recristalizare

Prin recoacerea de recristalizare se urmăreşte eliminarea efectelor ecruisării provocate de o deformare plastică la rece (vezi cap.9 „Prelucrarea materialelor metalice prin deformare plastică"). Printr-o încălzire cu 200 ... 300°C peste temperatura de început de recristalizare urmată de o răcire lentă structura fibroasă cu grăunţi zdrobiţi încep să se refacă sub formă de grăunţi echiaxiali. In cazul oţelului temperatura de început de recristalizare este de cca 450°. Prin recristalizare oţelul recîştigă proprietăţile plastice.

4.7.7. Recoacerea de detensionare

Are ca scop eliminarea tensiunilor interne provocate de diferite prelucrări sau operaţii tehnologice anterioare ca : turnare, sudare, deformare plastică, ambutisare etc.

In acest fel se pot preveni deformaţiile ulterioare, apariţia unor crăpături sau microfisuri în piesele de fontă sau oţel.

Eliminarea tensiunilor este necesară mai ales la piesele turnate complexe ca formă şi la care se cere şi o precizie dimensională mai mare ca : blocuri de motor, cămăşi de cilindru, batiuri, roţi dinţate etc. Temperatura de detensionare este sub punctul critic A_1 între 550-650°C . Menţinerea este în funcţie de mărimea pieselor şi este urmată de răcire lentă.

Menţionăm faptul că tipurile de recoaceri amintite mai sus nu sînt totdeauna operaţii distincte, ele pot constitui aspecte ale unui singur procedeu.

Dacă încălzirea şi răcirea pieselor se realizează în cuptoare cu atmosferă controlată, de protecţie, astfel încît

oxidarea suprafeţei pieselor să fie redusă la minimum şi produsul să rămînă cu suprafaţa curată, aproape lucioasă (albă), oricare dintre tipurile de recoaceri amintite se numeşte şi recoacere la alb.

4.8. Călirea şi revenirea oţelurilor

4.8.1. Generalităţi

Călirea este un tratament termic care constă dintr-o încălzire a oţelului la temperaturi peste liniile GSK (A_3A_1) din diagrama Fe-C, domeniul oţelurilor (fig.4.28) cu 30...50°C, menţinere la această temperatură pentru omogenizare, urmată de o răcire rapidă, superioară vitezei critice de călire, în scopul realizării la temperatura ambiantă a unor structuri în afară de echilibru (martensita, troostita etc.) urmărindu-se proprietăţi fizico-mecanice avantajoase, ca : duritate ridicată, rezistenţă bună la uzură etc.

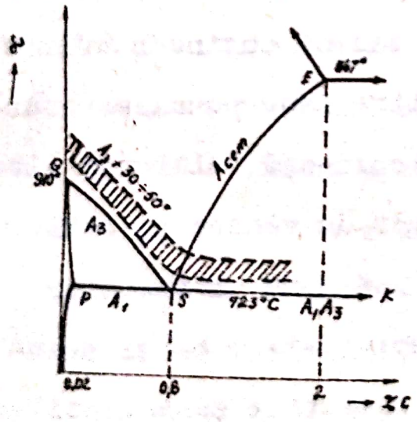


Fig. 4.28
Domeniul temperaturilor de încălzire pentru călire.

La călire viteza de răcire determină atît valoarea suprarăcirii soluţiei solide cît şi caracterul structurii obţinute. La viteze mari se obţine stadiul întîi de transformare perlitică obţinîndu-se martensită α şi o cantitate de austenită netransformată numită austenită reziduală. Viteza de răcire la care se obţine structură martensitică se numeşte viteză critică de călire.

La viteze mai mici de răcire încep să se realizeze şi stadiile II şi respectiv III de transformare, structura obţinută fiind formată din amestecuri disperse de ferită şi cementită (troostită şi sorbită). Cu cît viteza de răcire este mai mică, cu atît structura se apropie din ce în ce mai mult de starea de echilibru, perlita lamelară.

Viteza de răcire este în funcţie de natura şi conductibilitatea termică a mediului de răcire, cît şi de conductibilitatea termică a metalului care se călește, ea micşorîndu-se în adîncimea piesei. Alegerea mediului de răcire şi temperatura acestuia trebuie făcută în funcţie de compoziţia oţelului, de forma şi dimensiunile piesei. O răcire prea bruscă favorizează formarea tensiunilor şi crăpăturilor. In cazul pieselor de formă complicată şi cu secţiuni diferite ce urmează să fie călite se caută să se evite colţurile ascuţite. In practică viteza de răcire se realizează pe diferite căi. Astfel pentru piese mărunte şi subţiri se poate realiza o răcire accelerată aranjînd piesele între plăci metalice reci. Se poate efectua răcirea într-un mediu gazos liniştit; în acest caz se obţine o călire slabă. Cel mai utilizat procedeu de călire este pe calea afundării piesei încălzite într-un mediu lichid-apă, ulei sau alte lichide numite medii de răcire. Din punct de vedere al activităţii (adică a puterii de răcire) descrescătoare a mediilor de răcire se poate indica următoarea serie: apa rece şi soluţiile apoase; apa caldă sau fierbinte, uleiurile şi emulsiile; curentul de aer rece; aerul staţionar; băile de săruri şi metale topite. Trebuie de remarcat faptul că pentru călire, viteza de răcire cea mai importantă este aceea din intervalul de stabilitate minimă a austenitei suprarăcite (diagrama TTT). Pe de altă parte diferitele medii de călire pot avea capaci-

tăţi de răcire egale la 723°C şi cu totul diferite la 500-600° unde se află intervalul stabilităţii minime a austenitei. Viteza de răcire obţinută în intervalul stabilităţii minime a austenitei ne dă indicaţii mai corecte asupra capacităţii de răcire a diverselor medii la călire. In tabelul 4.1 sînt date vitezele de răcire în mediile cele mai des folosite în practică la diferite intervale de temperaturi (după S.S.Steinberg).

- Tabelul 4.1 -

Mediul de răcire	Viteza de răcire în °C/s în intervalele	
	650-550	300-200
apă la 20°C	600	270
soluţie 10% NaOH în apă	1200	300
soluţie 10% NaCl în apă	1100	300
ulei mineral	100...120	15..30

După cum se vede cea mai mare capacitate de răcire, în intervalul de stabilitate minimă a austenitei, o are soluţia de 10% NaOH, de două ori mai intens decît apa simplă în timp ce la intervalul transformării martensitice capacitatea de răcire este apropiată de a apei.

Datorită acestui fapt acest mediu este recomandat pentru călirea oţelului-carbon. Transmiterea căldurii de la piesă la mediu de răcire se poate intensifica şi uniformiza fie prin mişcarea piesei în baie, fie prin agitarea mediului de răcire, uneori amîndouă, distrugînd cămaşa de abur ce se formează în jurul piesei incandescente la introducerea acesteia în lichidul de răcire.

Practic în timpul răcirii unei piese se produce o inegalitate de temperatură şi de viteză de răcire în masa piesei.

Vitezele de răcire descresc spre centrul piesei. Astfel prin călire în cazul pieselor cu diametrul sau grosimea secţiunii mare se pot obţine o serie de structuri cu durităţi din ce în ce mai mici către interior. In exterior unde viteza de răcire depăşeşte viteza critică de călire se formează o structură complet martensitică. Către interior unde viteza de răcire este mai mică decît viteza critică de călire în loc de martensită poate să apară structura troostitică, sorbitică sau chiar perlitică. Variaţia vitezei de răcire pe secţiunea unei probe cilindrice este arătată schematic în fig. 4.29 prin curba 1. Călirea se va produce în porţiunea unde viteza critică de călire este depăşită.

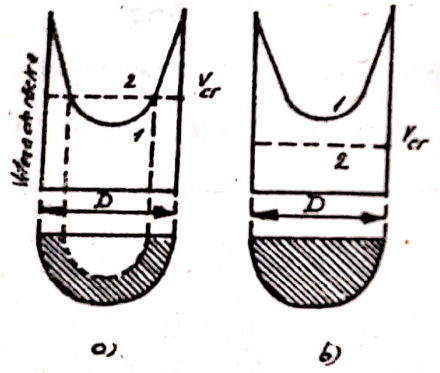


Fig. 4.29
Variaţia vitezei de răcire în secţiunea unei piese cilindrice.

Călibilitatea unui oţel este capacitatea acestuia de a se căli, caracterizată prin adîncimea de pătrundere a călirii şi prin realizarea unei anumite durităţi minime. In practică se consideră adîncime de călire distanţa pînă la stratul unde structura este cel puţin 50% martensită adică pînă la zona semimartensitică. Determinarea adîncimii de călire se face urmărindu-se variaţia durităţii în secţiune, considerîndu-se călită porţiunea unde duritatea depăşeşte pe cea a zonei semimartensitice.

Călibilitatea creşte cu mărirea conţinutului în carbon, prin aliere cu diferite elemente de aliere ca : Ni, Mn, Mo, B, etc., precum şi cu viteza de răcire, cu temperatura de încălzire, mărimea grăunţilor.

In general cu cît viteza critică de călire la un oţel este mai mică cu atît călibilitatea este mai bună.

Prin diametru critic D_o se înţelege diametrul secţiunii maxime care se călește complet într-un mediu. El depinde de mediul de răcire : cu cît acesta este mai energic, cu atît diametrul critic este mai mare.

Determinarea călibilităţii oţelurilor se face conform STAS 493o-66 prin metoda răcirii frontale.

4.8.2. Tensiuni şi defecte de călire

La răcirea pieselor în timpul călirii datorită transformărilor structurale şi contracţiei apar tensiuni interne care pot produce diferite defecte la piesele călite.
Tensiunile condiţionate de schimbarea de temperatură se numesc tensiuni termice, iar cele condiţionate de transformările şi schimbările structurii se numesc tensiuni de structură.

După volumul în care se echilibrează avem tensiuni :

I - zonale, macroscopice, între diferite părţi ale piesei;

II - microscopice la nivelul structurii, a grăunţilor cristalini;

III - de ordinul reţelei cristaline.

Tensiunile termice apar datorită răcirii rapide şi inegale la exteriorul şi interiorul piesei îndeosebi în locurile cu schimbări bruşte de secţiune din cauza contracţiilor inegale.

Tensiunile de structură la oţeluri se pot produce foarte uşor la formarea martensitei care are cel mai mare volum specific faţă de celelalte stări şi rezultă din austenită care are volum specific minim.

Datorită tensiunilor termice şi de structură ce apar

la călire pot apare o serie de defecte de călire cum sînt :

- Crăpături de călire , cînd mărimea tensiunilor ating valori care depăşesc limita de rezistenţă a metalului. Acest defect duce la rebutarea piesei.

- Deformări de călire . Datorită modificărilor de volum se produc tensiuni ce provoacă deformări elastice şi plastice ce duc la deformarea piesei. La deformări mari piesele se rebutează. In unele cazuri deformarea poate fi micşorată sau înlăturată prin rectificarea piesei.

Variaţia volumului la călire. Este un alt defect de călire şi se manifestă prin mărirea volumului piesei. Se datoreşte producerii martensitei. Cu toate că dimensiunile se modifică puţin, la piesele de precizie (instrumente de măsură) nu este permisă. Există procedee de călire care împiedică această variaţie de volum asigurînd un raport convenabil între martensită şi austenita reziduală.

Alte defecte de călire ce pot apare uneori şi care sînt condiţionate de călirea propriu-zisă sînt :

- Decarburarea superficială datorită atmosferei şi procedeului de încălzire.

- Petele moi, adică zone necălite datorită calităţii metalului care prezintă structuri anormale cu zone mari de ferită ce nu se călesc.

4.8.3. Metode de călire

Călirea obişnuită (simplă) se face prin răcire continuă într-un singur mediu de obicei apă sau ulei (curba 1 fig.4.30). Se poate realiza prin simpla scufundare în lichid şi agitarea energică a piesei sau prin duş, adică prin stropirea intensă a piesei cu apă, sau cînd se urmăreşte călirea intensă numai

la o parte a piesei se face o răcire locală scufundînd în mediul lichid de răcire numai o parte a piesei.

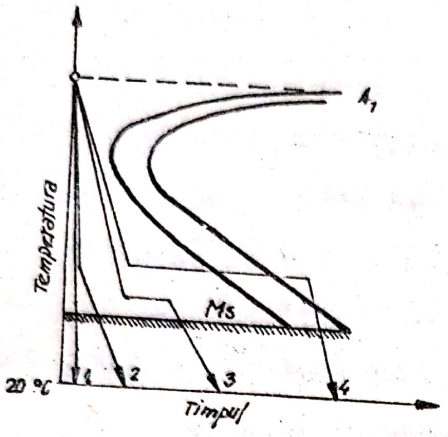


Fig. 4.3o
Curbele de răcire pentru diferitele metode de călire, suprapuse pe diagrama TTT.

Călirea în două medii sau călirea întreruptă constă dintr-o răcire succesivă a piesei, la început se răceşte rapid într-un mediu cu viteză de răcire mare de ex. apă şi apoi de la o temperatură superioară punctului Ms se continuă cu răcire într-un mediu cu viteză de răcire mică, ulei sau mai rar, aer liber (fig.4.3o curba de răcire 2).

Scopul acestei căliri este de a realiza o răcire lentă în zona transformării martensitice pentru reducerea tensiunilor interne. Metoda prezintă o serie de dezavantaje printre care se menţionează reglarea dificilă a procesului şi asigurarea unei menţineri constante, precis determinată, scurtă, a piesei în apă. De asemenea la introducerea piesei în mediu acesta nu are temperatura uniformă în toate părţile.

Călirea în trepte (fig.4.3o curba 3) nu prezintă aceste dezavantaje. Constă în răcirea piesei într-un mediu de călire cu temperatura constantă superioară lui Ms în săruri topite pentru oţelul respectiv, menţinerea ei în acest mediu pînă la egalizarea temperaturii în toată secţiunea piesei fără să înceapă însă transformarea izotermică a austenitei suprarăcite. Urmează apoi răcirea definitivă într-un al doilea mediu (ulei sau aer) cînd are loc transformarea austenitei suprarăcite în martensită. Prin această metodă se micşorează tensiunile in-

terne, se evită fisurile de călire şi deformarea pieselor cu configuraţie complexă. Metoda se utilizează pentru piese mici care se călesc în apă. Pentru cele care se călesc în ulei metoda nu are eficacitate.

Călirea izotermă (fig. 4.3o curba 4) constă dintr-o răcire rapidă pînă la o anumită temperatură superioară punctului Ms, menţinere la această temperatură pînă la descompunerea austenitei suprarăcite. Răcirea se face în băi cu săruri la 25o ... 4oo°C şi se urmăreşte structura bainitică care este aproape lipsită de tensiuni interne termice şi structurale, avînd totodată şi o tenacitate suficientă. Această metodă modernă de călire în băi de săruri topite se aplică la călirea sculelor şi matriţelor, precum şi la oţeluri de construcţie şi oţeluri speciale cu Mn şi Cr, evitîndu-se pericolul de deformare şi fisurare de la călirea obişnuită mai ales la sculele şi piesele cu pereţi subţiri şi de forme complicate.

Patentarea este o călire izotermă care se aplică sîrmelor trefilate, benzilor sau barelor de oţel (cu conţinut mediu sau ridicat de carbon) cu scopul obţinerii unei structuri sorbitice care să permită un număr maxim de treceri prin filiere şi de a asigura produsului finit caracteristici mecanice superioare. Acest tratament constă dintr-o încălzire pînă deasupra zonei de transformare pînă la austenitizare completă, urmată de răcire într-o baie de plumb sau săruri topite la 4oo ... 55o°C avînd loc transformarea aproape izotermă a austenitei într-o structură fină sorbitică şi apoi răcirea în aer pînă la temperatura ambiantă. După acest tratament oţelul este plastic avînd în acelaşi timp şi o rezistenţă de rupere ridicată (7o..15odaN/mm^2) în funcţie de conţinutul de carbon.

Călirea sub 0°C. Metoda se bazează pe faptul că multe calităţi de oţeluri în stare călită păstrează încă mari cantităţi de austenită reziduală. Acest tratament reprezintă de fapt o continuare a călirii obişnuite, la temperaturi sub 0°C, pînă sub punctul M_f urmărindu-se desăvîrşirea transformării martensitice, scăzînd cantitatea de austenită reziduală. In acest fel creşte duritatea şi rezistenţa la uzură, se stabilizează dimensiunile piesei tratate. Se aplică la oţelurile cu conţinuturi ridicate de carbon sau bogat aliate (oţeluri carbon de scule, oţeluri rapide), imediat după călirea obişnuită piesele vor fi răcite în continuare la circa - 70°C , pe cît posibil sub M_f . Punctul M_f pentru majoritatea oţelurilor se află peste - 80°C. Drept mediu de răcire se poate folosi zăpadă carbonică, aer lichid, azot lichid etc.

Călirea superficială constă din încălzirea piesei pînă la temperatura de călire (peste Ac_1 şi Ac_3) numai pe un strat subţire superficial, miezul rămînînd la o temperatură mai joasă. La răcire, acest strat se călesţe, iar stratul interior rămîne necălit indiferent de viteza de răcire. In acest fel se obţine un strat exterior martensitic dur, cu rezistenţă mare la uzură şi oboseală pe un miez necălit moale, tenace şi rezilient.

După modul de încălzire a stratului superficial al pieselor procedeele de călire superficială mai răspîndite în practică sînt : călirea superficială cu flacără de gaze, călirea prin inducţie, călirea prin contact electric, călirea cu încălzire în electrolit.

Călirea superficială cu încălzire cu flacără cu gaze. Metoda constă în încălzirea piesei pentru călire cu ajutorul flăcării produse de un arzător cu flacără oxiacetilenică

sau alte gaze, care se deplasează cu o anumită viteză de-a lungul piesei. După arzător un jet de apă realizează răcirea rapidă necesară pentru călire (fig.4.31).

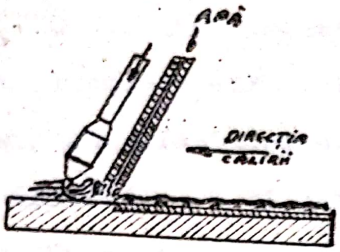


Fig. 4.31
Călirea cu încălzire la flacără.

Forma arzătorului și a dușului de apă trebuie să fie adaptată formei piesei.

Adîncimea de pătrundere a călirii este de 5-lo mm. Rezultatul călirii depinde de calitatea oțelului, de viteza de avans, de intensitatea răcirii etc. Cu toate că este un procedeu ușor de aplicat ce folosește un utilaj simplu, ieftin și accesibil răspîndirea pe scară largă pentru piese de mare importanță este împiedicată de o serie de dezavantaje caracteristice acestei metode cum sînt: neomogeneitatea structurală a stratului călit, reglarea dificilă a condițiilor de lucru etc.

Această metodă se folosește la călirea roților dințate mari, ghidajelor, arborilor, fusurilor etc.

<u>Călirea prin inducție</u>. De obicei pentru încălzire se utilizează curenți de înaltă frecvență (CIF). In principiu metoda constă din următoarele operații: piesa supusă călirii se introduce în interiorul unei spirale ori sub un conductor de obicei din cupru prin care se lasă să treacă curent alternativ de înaltă frecvență.Astfel se induce în piesă un curent alternativ de înaltă frecvență care datorită efectului pelicular se concentrează la suprafață și încălzește stratul superficial la temperatura peste cea de transformare cu loo-2oo°C. Adîncimea zonei încălzite este cu atît mai mică cu cît frecvența curentului este mai mare.

Răcirea suprafeței încălzite se face cu un jet de apă.

Pentru realizarea unor straturi călite mai groase, între 2 şi 2o mm se folosesc generatoare mecanice care dau curent cu frecvenţă între 5oo şi lo.ooo Hz . Pentru straturi mai subţiri călite pînă la maximum 3 mm adîncime se folosesc generatoare între 5o.ooo Hz şi 1.ooo.ooo Hz.

In fig. 4.32 şi 4.33 se prezintă schema unei instalaţii de călire superficială prin inducţie şi diferite forme constructive de inductoare.

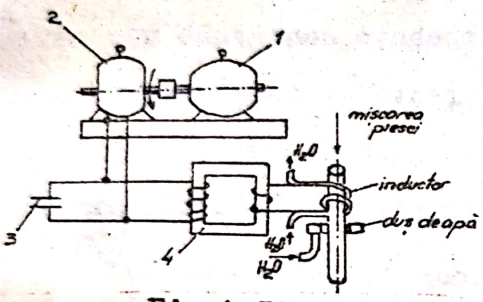


Fig.4.32
Schema unei instalaţii de călire superficială prin inducţie.
1-motor;2-generator de înaltă frecvenţă;3-condensator; 4-transformator.

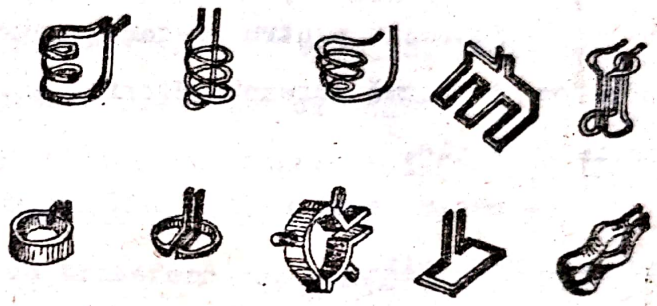


Fig. 4.33
Diferite forme constructive de inductoare .

In timpul funcţionării inductorul se răceşte cu apă care circulă prin interiorul lui.

O instalaţie de încălzire prin curenţi de înaltă frecvenţă, în afară de generator şi inductor, mai cuprinde transformatoare coborîtoare de tensiune, baterii de condensatoare, dispozitive pentru deplasarea pieselor şi diferite alte aparate auxiliare.

In vederea obţinerii unor rezultate constante şi la nivel calitativ corespunzător a pieselor călite precum şi pentru obţinerea unei productivităţi ridicate, instalaţiile de călire moderne prin CIF au un înalt grad de mecanizare şi automatizare.

Printre avantajele călirii pieselor prin CIF, se menţionează:

- posibilitatea reglării precise a adîncimii de călire;

- pericolul oxidării pieselor, a decarburării şi supraîncălzirii lor este evitată, datorită posibilităţii reglării precise a temperaturii de încălzire şi a vitezei rapide de încălzire şi răcire;

- deformarea pieselor este minimă;

- metoda prezintă posibilitatea automatizării complete.

Dezavantajele metodei sînt :

- necesită un utilaj special şi costisitor;

- întrucît pentru fiecare reper trebuie construit un inductor de formă corespunzătoare, este rentabil numai la producţia în serie.

- metoda este utilizabilă numai la piese cu dimensiuni mici sau mijlocii.

Călirea superficială în electrolit. Procedeul se bazează pe faptul că încălzirea piesei se face prin introducerea ei într-un electrolit (soluţie de Na_2CO_3 sau K_2CO_3 5-10% în apă) prin care trece un curent cu tensiune de 220 V şi cu densitatea de 3-4 A/cm^2. Se produce o concentraţie puternică a căldurii la suprafaţa piesei unde se formează un strat subţire de hidrogen şi din cauza rezistenţei electrice mărite, stratul superficial al piesei se încălzeşte. Din cauza dificultăţilor de a controla temperatura precum şi a altor dezavantaje procedeul nu s-a răspîndit.

Călirea cu încălzire prin contact electric. Constă în trecerea unui curent de frecvenţă industrială, tensiune joasă şi intensitate mare prin piesa pe a cărui suprafaţă se sprijină electrodul de contact. Pe suprafaţa de contact se realizează o densitate mare de curent şi o rezistenţă electrică mare şi la trecerea curentului se produce încălzirea pe o adîncime

de 2-5 mm peste temperatura de transformare şi la răcire piesa se va căli superficial.

Din cauza productivităţii mici procedeul nu este prea răspîndit în producţie.

4.8.4. Revenirea

Este tratamentul termic aplicat oţelului călit cu scopul aducerii acestuia într-o stare mai stabilă, a măririi a tenacităţii, fără a se pierde prea mult din duritatea realizată prin călire, precum şi pentru eliminarea tensiunilor interne. Ea constă dintr-o reîncălzire a oţelului călit la o temperatură pînă sub zona de transformare, menţinere şi apoi răcire lentă în aer sau ulei. Factorul principal care determină structura şi proprietăţile oţelului revenit este temperatura de revenire. In fig. 4.34 se prezintă schematic influenţa temperaturii de revenire asupra rezistenţei la rupere prin tracţiune (R) limita de curgere (σ_c), alungirea (A) şi gîtuirea (Z).

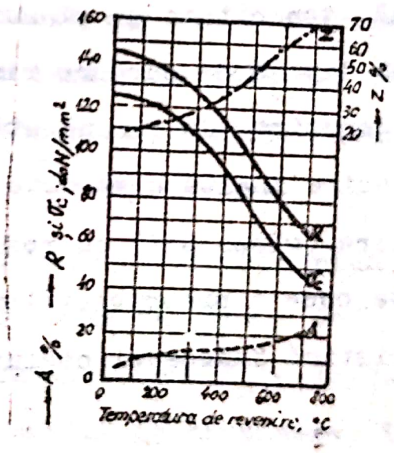


Fig.4.34
Influenţa temperaturii de revenire asupra unor proprietăţi mecanice la un oţel carbon călit şi revenit.

In funcţie de temperatura de revenire se folosesc următoarele tipuri de reveniri :

Revenirea joasă. Se execută la temperaturi între 100-200°C şi se aplică cu scopul obţinerii martensitei de revenire cubică, dură, rezistentă, însă mai puţin fragilă decît martensita de călire. Se

elimină o mare parte din tensiunile interne, se obţin structuri mai stabile şi dimensiunile pieselor se stabilizează, creşte tenacitatea.

Se aplică pentru scule, piese de frecare, piese cementate şi în general pentru oţelurile carbon de construcţie, cînd se cere duritate ridicată şi rezistenţă la uzură.

La revenirea joasă durata de menţinere este de obicei mai mare pentru eliminarea tensiunilor şi desăvîrşirea transformărilor. Viteza de răcire după revenirea joasă nu are vreo însemnătate esenţială şi de obicei se face în aer liber.

Revenirea medie se face la încălziri între 250-450°C şi se obţin structuri troostitice sau troostito-sorbitică de revenire. Se aplică atunci cînd se cere o tenacitate mai mare şi se admite o scădere mai pronunţată a durităţii. Acest tip de revenire este caracteristic oţelurilor slab şi mediu aliate.

Revenirea înaltă constă din încălzirea pieselor călite la 450-650°C pentru structură sorbitică care prezintă o rezilienţă bună, tenacitate şi plasticitate ridicată, rezistenţă la rupere şi limită de curgere ridicate. Tratamentul termic cunoscut sub denumirea de îmbunătăţire şi care constă din călire urmat de o revenire înaltă urmăreşte tocmai această structură sorbitică de revenire (globulară) cu realizarea unei asocieri deosebit de avantajoase a proprietăţilor mecanice. Revenirea înaltă este caracteristică îndeosebi oţelurilor bogat aliate.

4.9. Tratamente termice aplicate fontelor

Fontele, în comparaţie cu oţelul, prezintă particularitatea că la încălzire cementita se descompune, se formează grafit şi cresc volumele de ferită sau austenită funcţie de temperatură.

Descompunerea cementitei este cu atît mai intensă cu cît temperatura de încălzire este mai ridicată, iar elementele grafitizante sînt în proporţie mai mare.

Conţinutul în grafit al fontelor este în funcţie de viteza de răcire, iar baza metalică poate fi perlitică, troostitică sau chiar martensitică.

Tratamentele termice ale fontelor cenuşii sînt în principiu similare cu cele ale oţelurilor. Ele se aplică în următoarele scopuri :

- eliminarea sau reducerea tensiunilor de turnare ;
- modificarea structurii masei metalice de bază ;
- îmbunătăţirea proprietăţilor stratului superficial prin tratamente termochimice.

Frecvent se aplică: recoaceri, căliri, reveniri şi nitrurări.

Recoacerea de detensionare. Se face printr-o încălzire lentă la temperaturi de 500-550°C în cuptoare obişnuite de tratament termic cu o durată de menţinere 0,5 ... 1 h/25 mm din grosimea piesei urmată de o răcire lentă. Se înlătură tensiunile interne. In timpul acestei recoaceri nu au loc transformări fazice.

Recoacerea de înmuiere. Se face încălzirea pînă la 800-850°C cu viteze mici, cu o durată de menţinere de 1 ... 4 ore şi răcirea făcîndu-se cu viteze mici (odată cu instalaţia de încălzire). Pentru reducerea timpului de menţinere, în practică se aplică şi procedeul încălzirii pieselor de fontă în băi de săruri (clorură de bariu) la temperaturi între 1000 ... 1100°C, timp de 3 ... 5 minute. Prin această recoacere se urmăreşte micşorarea durităţii pieselor prin descompunerea parţială sau totală a cementitei. Prelucrabilitatea pieselor

prin aşchiere creşte, dar scad proprietăţile mecanice.

Normalizarea urmăreşte modificarea proprietăţilor masei metalice de bază. Se aplică în general fontelor cenuşii perlito-feritice, feritice şi fontelor pestriţe.

Călirea şi revenirea. Se face în acele cazuri cînd trebuie să se ridice duritatea sau să se producă o îmbunătăţire a bazei lor, care are structura unui oţel perlitic sau perlito-feritic. Deosebit de utile sînt călirea şi revenirea pentru ridicarea rezistenţei fontei la uzura mecanică.

Pentru călire se recomandă să se facă încălzirea la 875 ... 900°C cu o durată de menţinere de 1 ... 1,5 minute pentru fiecare mm din grosimea piesei şi apoi să se facă răcirea în apă, ulei sau în produse petroliere. Duritatea pieselor călite este puternic influenţată de temperatura de călire, ea prezintă un minim la 775°C (fig.4.35).

După călire se aplică revenirea la temperaturi sub 600°C. Caracteristicile mecanice variază cu temperatura (fig.4.36).

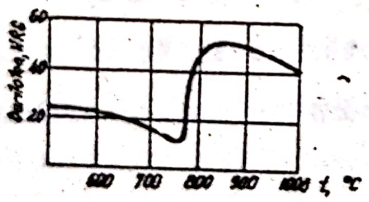


Fig.4.35
Variaţia durităţii pieselor din fonte cenuşii cu temperatura de călire.

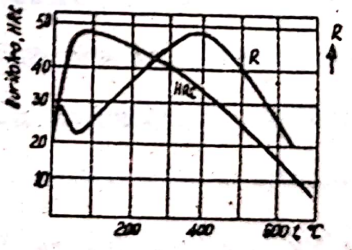


Fig.4.36
Influenţa temperaturii de revenire asupra proprietăţilor mecanice ale fontelor cenuşii.

Călirea şi revenirea se aplică numai fontelor de calitate superioară cu grafit mărunt şi de asemenea la cele aliate sau la cele modificate.

Nitrurarea (vezi subcap.4.1o.4). Se aplică în general fontelor aliate. Piesele se încălzesc în atmosferă de amoniac la 5oo ... 55o°C şi se menţin timp de 5o ... 6o ore.

Răcirea se face în mediu de amoniac cel puţin pînă la temperatura de 15o°C după care se poate continua în aer.

Prin nitrurare se măreşte foarte mult duritatea superficială, rezistenţa la uzură, la oboseală şi la coroziune. Se obţin rezultate foarte bune la fontele aliate cu crom.

4.1o. Tratamentele termochimice

Prin tratament termochimic se înţelege tratamentul de modificare a compoziţiei chimice din stratul superficial al pieselor din oţel şi fontă, prin adsorbţie şi difuzare în aceste straturi a unor elemente (carbon, azot, sulf, aluminiu, zinc, crom, siliciu etc.) ca urmare a încălzirii şi menţinerii acestora într-un mediu solid, gazos sau lichid convenabil ales.

Tratamentele termochimice sînt deci tratamente de suprafaţă, aplicate cu scopul de a mări duritatea, rezistenţa la coroziune sau la uzură a stratului superficial, cu menţinerea tenacităţii şi plasticităţii miezului.

Procedeul cel mai vechi este tratamentul termochimic al fierului cu carbon, cunoscut sub numele de cementare. Pentru tratamentele termochimice cu alte elemente există denumiri speciale astfel: nitrurarea (îmbogăţirea cu azot), cianizare (îmbogăţire simultană cu carbon şi azot) alitare (cu aluminiu), cromizare (cu crom), silicizare (cu siliciu), sulfizare (cu sulf) etc.

In timpul tratamentelor termochimice au loc trei procese principale: disocierea, adsorbţia şi difuziunea.

Nitrurarea (vezi subcap.4.1o.4). Se aplică în general fontelor aliate. Piesele se încălzesc în atmosferă de amoniac la 5oo ... 55o°C şi se menţin timp de 5o ... 6o ore.

Răcirea se face în mediu de amoniac cel puţin pînă la temperatura de 15o°C după care se poate continua în aer.

Prin nitrurare se măreşte foarte mult duritatea superficială, rezistenţa la uzură, la oboseală şi la coroziune. Se obţin rezultate foarte bune la fontele aliate cu crom.

4.1o. Tratamentele termochimice

Prin tratament termochimic se înţelege tratamentul de modificare a compoziţiei chimice din stratul superficial al pieselor din oţel şi fontă, prin adsorbţie şi difuzare în aceste straturi a unor elemente (carbon, azot, sulf, aluminiu, zinc, crom, siliciu etc.) ca urmare a încălzirii şi menţinerii acestora într-un mediu solid, gazos sau lichid convenabil ales.

Tratamentele termochimice sînt deci tratamente de suprafaţă, aplicate cu scopul de a mări duritatea, rezistenţa la coroziune sau la uzură a stratului superficial, cu menţinerea tenacităţii şi plasticităţii miezului.

Procedeul cel mai vechi este tratamentul termochimic al fierului cu carbon, cunoscut sub numele de cementare. Pentru tratamentele termochimice cu alte elemente există denumiri speciale astfel: nitrurarea (îmbogăţirea cu azot), cianizare (îmbogăţire simultană cu carbon şi azot) alitare (cu aluminiu), cromizare (cu crom), silicizare (cu siliciu), sulfizare (cu sulf) etc.

In timpul tratamentelor termochimice au loc trei procese principale: disocierea, adsorbţia şi difuziunea.

Disocierea. La temperatura de lucru se produce descompunerea moleculelor mediului de lucru şi se formează atomi activi (în stare născîndă) ai elementului care difuzează. De exemplu, în cazul cementării oţelului în mediu gazos folosind CO, CH_4 sau în cazul nitrurării folosind NH_3 acestea se disociază:

$$2\,CO \longrightarrow CO_2 + C$$
$$CH_4 \longrightarrow 2H_2 + C$$
$$2\,NH_3 \longrightarrow 3H_2 + 2N$$

Adsorbţia. Constă în adsorbirea de către metalul de bază a atomilor liberi activi rezultaţi din disocierea mediului de lucru. Acest proces poate fi reprezentat ca o pătrundere a atomilor activi în locurile vacante din reţea sau ca o reacţie chimică între aceştia şi atomii metalului de bază. Capacitatea de adsorbţie a suprafeţei metalului depinde de natura acestuia, de natura şi proporţia elementului de îmbogăţire, de temperatura de lucru, ş.a.

Difuziunea. Atomii adsorbiţi la suprafaţa piesei difuzează în interiorul acesteia. Acest proces este posibil dacă elementul care difuzează este solubil în metalul de bază şi dacă temperatura de încălzire asigură o energie de activare suficientă.

În cazul corpurilor solide cristaline procesul difuziunii este influenţat de o serie de factori şi prezintă cîteva particularităţi ce pot fi rezumate la următoarele :

- difuziunea este în funcţie şi de orientarea cristalului în spaţiu faţă de fluxul de mediu care difuzează ;
- difuziunea este favorizată de deformaţiile reţelei cristaline ;

- difuziunea este mai puternică pe suprafeţele grăunţilor lucru care se explică prin existenţa unei concentraţii mari de defecte ;

- difuziunea este mai pronunţată în cazul unei granulaţii mai fine a oţelurilor decît în cazul granulaţiei grosolane ;

- difuziunea este deosebit de intensă în momentul transformărilor fazice.

La toate tratamentele termochimice, reacţia cea mai activă se obţine atunci cînd elementul care difuzează se degajă în stare activă (născîndă) la descompunerea unei combinaţii. Grosimea stratului astfel modificat depinde de viteza reacţiilor de la suprafaţă piesei şi de viteza cu care atomii elementului care difuzează se deplasează din stratul superficial spre interiorul piesei.

Difuziunea în stare solidă se bazează pe faptul că atomii metalului de bază sau anumiţi atomi străini pot schimba poziţia lor de echilibru, trecînd între nodurile reţelei cristaline şi de aici spre orice nod liber al reţelei. Atomii străini vor avea concentraţia cea mai mare la suprafaţa piesei micşorîndu-se spre interiorul acesteia. Tendinţa elementului de a pătrunde în metal este provocată de tendinţa sistemului de a uniformiza concentraţia în întregul volum al piesei, astfel va exista un flux de atomi de la suprafaţă spre interior.

Prin analogie cu fluxul termic, cantitatea dq de material care difuzează poate fi reprezentat printr-o expresie matematică :

$$dq = - D \frac{dc}{dy} . dS . d\tau$$

în care:

D este coeficientul de difuziune

dS - elementul de suprafaţă

dy - distanţa la care ajung atomii

dc - gradientul de concentraţie

dτ - timpul pentru difuziune

Dacă se consideră valorile enumerate egale cu unitatea, coeficientul de difuziune reprezintă cantitatea de substanţă în grame care difuzează pe o suprafaţă de 1 cm^2 în timp de 1 secundă la o diferenţă de concentraţie egală cu unitatea.

Coeficientul de difuziune depinde de mulţi factori, dintre care factorul principal care influenţează cel mai mult difuziunea este temperatura. In fig. 4.37 se arată cum coeficientul de difuzie creşte exponenţial cu temperatura absolută.

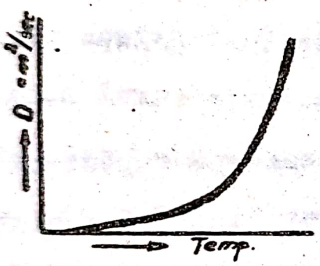


Fig.4.37
Influenţa temperaturii asupra coeficientului de difuzie.

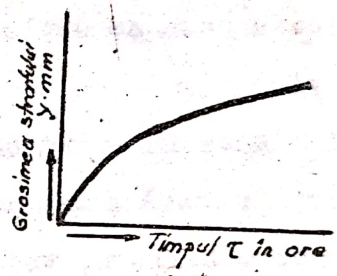


Fig.4.38
Grosimea stratului de difuziune în funcţie de durata procesului de difuzie.

Rezultă că este avantajos ca tratamentele termochimice să se realizeze la temperaturi cît mai înalte.

Durata procesului de tratament termochimic este determinată de adîncimea cerută a stratului de difuziune. La parametrii constanţi ai procesului (temperatură etc.), creşterea adîncimii stratului, în timp, urmează o funcţie parabolică (fig.4.38) :

$$y^2 = k\tau$$

unde, y este adîncimea stratului;

τ este durata procesului .

4.1o.1. Structura stratului de difuziune

Considerînd cazul simplu şi tipic cînd metalul A este saturat cu substanţa B . Substanţa B este parţial solubilă în substanţa A (soluţia solidă α) şi formează un compus chimic AnBm (fig. 4.39). Procesul de saturare are loc la t'.

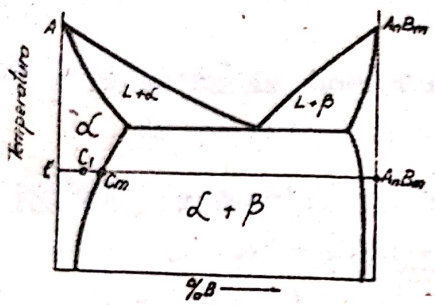


Fig. 4.39.
Diagrama de echilibru metal A - component de saturare.

Dacă adsorbţia este suficient de energică la suprafaţă se formează o soluţie solidă cu concentraţia limită Cm posibilă la temperatura dată t' . Scăderea concentraţiei către interiorul metalului se face lin (fig. 4.4o curba 1).

Dacă adsorbţia nu este suficient de energică concentraţia substanţei B la suprafaţă este mai mică decît Cm, şi corespunde punctului C_1 iar repartizarea substanţei B în stratul de difuziune se va caracteriza prin curba 2 (fig.4.4o).

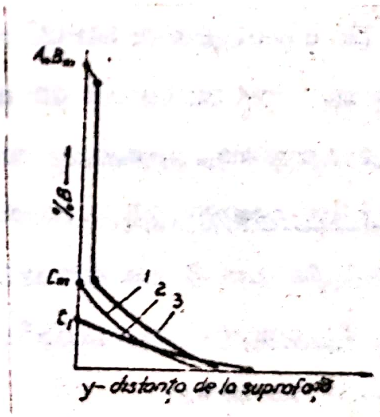


Fig. 4.4o
Variaţia concentraţiei în stratul de difuziune.

In sfîrşit, dacă adsorbţia este atît de intensă încît pe lîngă că se menţine la suprafaţă concentraţia Cm, se formează un exces de atomi B peste concentraţia Cm şi atunci este posibilă formarea unui strat cu grosime de obicei mică, de compus chimic (fig.4.4o curba 3).

In cazul cînd componenţii A şi B pot forma o serie de

compuşi chimici, este posibilă formarea acestora în stratul de difuziune.

Pe baza celor prezentate rezultă că pentru realizarea de tratamente termochimice cu eficienţă maximă trebuie să avem:

- o temperatură suficient de ridicată ;
- o concentraţie cît mai mare a elementului la suprafaţa materialului ;
- o durată destul de mare pentru a realiza adîncimile de pătrundere necesare.

Rezultatele procesului de cementare la unul şi acelaşi metal vor fi condiţionate de următorii factori principali :

1) calitatea (compoziţia) substanţei de cementare întrebuinţată ;

2) temperatura la care se face operaţia ;

3) durata ei.

In cazul cementării metalelor de calitate diferită aceasta din urmă influenţează de asemenea rezultatul.

Aprecierea acestor rezultate se face prin măsurarea adîncimii de cementare, adică a distanţei de la suprafaţă pînă la stratul de metal cu difuziune vizibilă şi prin măsurarea gradului de cementare, adică concentraţia maximă a componentului difuzat în metal.

Adîncimea cementării se determină fie pe macrostructura secţiunii epruvetei cementate, fie mai precis prin microstructura secţiunii.

Gradul de cementare se determină prin microstructura metalului aproape de suprafaţă sau prin analiza chimică a strunjiturii luată de pe suprafaţa metalului. In cazurile cînd se formează combinaţii intermetalice şi apar faze complexe în structură, metoda cea mai bună pentru aprecierea gradului de cementare este măsurarea durităţii la suprafaţă.

Scanned with OKEN Scanner

4.1o.2. Cementarea oţelurilor

Este tratamentul termochimic aplicat oţelurilor cu conţinut mic de carbon (sub o,25%C) prin care se realizează îmbogăţirea în carbon a straturilor superficiale. Scopul procedeului este realizarea unei suprafeţe dure (după călire) şi a unui miez moale, rezistent la şocuri. Oţelurile carbon de calitate pentru cementare după STAS 88o-66 sînt OLC 1o, OLC 15, şi OLC 2o.

In ce priveşte oţelurile aliate de construcţii pentru cementare acestea pe lîngă procente reduse de carbon conţin elemente de aliere care favorizează procesul de difuzie, cum sînt: Cr, Ni, Mn, Mo etc. Dintre impurităţi cele mai nedorite sînt: P, S şi O_2 , de aceea oţelurile de cementare trebuie să fie cît mai curate pentru o cementare reuşită.

Cementarea se poate executa în medii de carburare solide, lichide sau gazoase. Procesul de cementare în general se conduce în aşa fel încît stratul cementat la exterior să fie perlitic iar în zona de trecere să apară treptat ferita alături de perlită pînă la structura iniţială a miezului. După cementare şi călire stratul superficial devine martensitic cu duritate peste 6o HRC iar în zona de trecere alături de martensită apare şi ferita.

Cementarea în mediu solid. Piesele se împachetează într-un mediu carburant solid în cutii de cementare distanţate între ele (fig.4.41). Drept mediu carburant se foloseşte mangal cu diferite substanţe care activează procesul de difuzie, cum sînt : carbonaţii de bariu, sodiu, potasiu etc., care la încălzire se descompun uşor degajînd CO_2 . Acesta reacţionează imediat la temperatura înaltă cu carbonul cărbunelui solid dînd 2CO, care la rîndul său fiind în contact cu suprafaţa oţe-

lului se disociază dînd naştere la carbon activ ce difuzează potrivit schemei :

$$2CO \longrightarrow C + CO_2$$

$$C + Fe \longrightarrow (Fe\ \gamma - C)\text{sol.sol}\ \gamma\ \text{(austenită), sau}$$

$$C + 3Fe \longrightarrow Fe_3C\ \text{(cementită)}$$

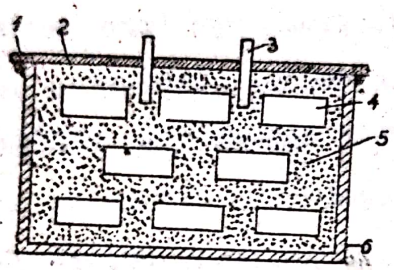


Fig.4.41

Aranjarea pieselor în cutii pentru cementare.

1- mortar de izolare; 2- capac; 3- piese martor; 4- piese pentru cementare; 5- mediu carburant; 6- cutie de cementare.

De obicei, mediile carburante folosite în producţie conţin 10-40% carbonaţi . Cel mai folosit este amestecul de 40% CO_3Ba + praf de mangal. La temperatura de cementare 850-950°C carbonatul de bariu se descompune prin disociere şi apoi se reface conform reacţiilor :

$$BaCO_3 \longrightarrow BaO + CO_2$$

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO$$

$$BaO + 2CO \longrightarrow CO_3Ba + C\ \text{(carbon activ)}$$

Temperatura de cementare este peste Ac_3 în zona austenitică (850-950°C). Prin menţinere la această temperatură austenita se saturează în carbon putînd să ajungă la un conţinut ridicat peste 0,8% C . La răcire lentă structura stratului cementat va prezenta la exterior o structură hipereutectoidă,

apoi treptat eutectoid și hipoeutectoid către miez (fig.4.42). O cementare bună trebuie să realizeze o trecere treptată între stratul cementat și miezul piesei.

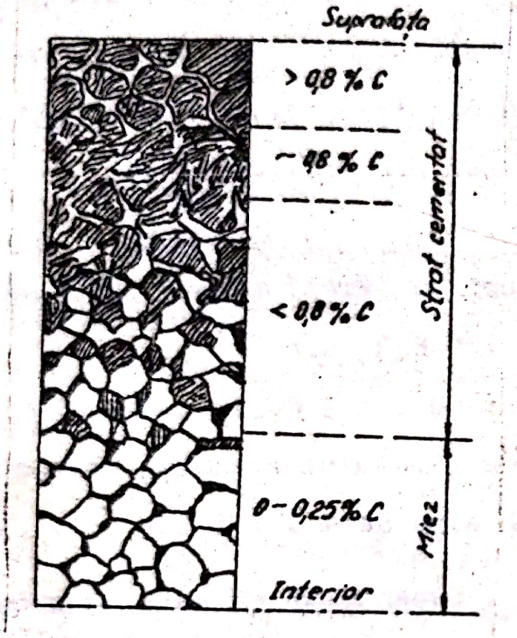


Fig. 4.42
Structura stratului cementat.

Durata cementării în mediu solid este 6-10 ore la temperatura necesară rezultînd o grosime a stratului de 1-2 mm. La acest timp se adaugă și timpul necesar pentru încălzirea cutiei și a încărcăturii pînă la temperatura de cementare. Adîncimea de cementare crește cu temperatura și durata cementării (fig.4.43). După cementare urmează călirea pieselor pentru obținerea unei durități superficiale ridicate și revenire joasă pentru detensionare.

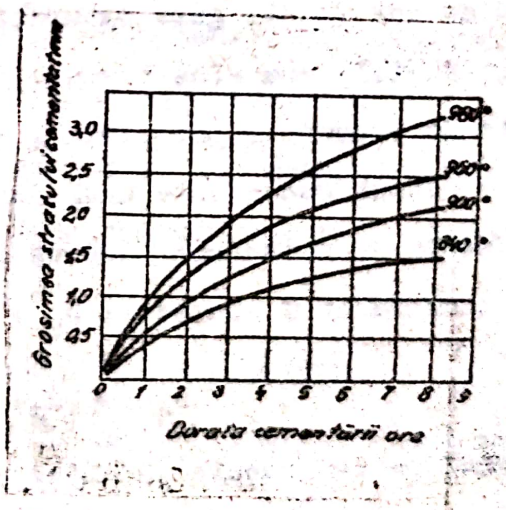


Fig.4.43
Influența temperaturii și duratei de cementare asupra grosimii stratului.

Mediul carburant se poate folosi de mai multe ori reîmprospătînd de fiecare dată cu 15-30% amestec proaspăt.

Suprafețele piesei ce nu trebuie cementate se protejează prin cuprare sau prin protejare cu argilă refractară. In mod obișnuit în cutiile de ce-

mentare se așază și piese martor din același oțel care după cementare vor fi rupte și servesc pentru determinarea grosimii stratului cementat.

Cementare în medii lichide. Se realizează prin încălzirea pieselor la temperaturi de 850°C (1123°K) în săruri topite bogate în carbon. Sărurile se disociază și carbonul activ rezultat din disocierea acestora este adsorbit de fierul δ și difuzează în interiorul piesei.

Cele mai folosite amestecuri de săruri sînt : 76...84% Na_2CO_3 ; 11 ... 14% NaCl ; 6 ... 10% SiC sau 70 ... 76% Na_2CO_3; 9 ... 12% NaCl ; 6 ... 9 NH_4Cl ; 9 ...10% SiC.

Pentru o adîncime de 1 mm a stratului cementat durata de menținere la temperatura prescrisă este de 4 ... 5 ore .

Cementarea în mediu gazos . Cementarea cu gaze se realizează prin trecerea unui gaz din care se poate degaja carbon în stare activă la temperaturi ridicate prin spațiul în care se găsesc piesele de cementat. Ca medii de cementare în afară de CO se pot folosi gaze naturale (gaz metan) și gaze preparate artificial, cum sînt : gazul de iluminat, gazul de cocserie, gazele de cracare a petrolului, etc.

Gazul metan este unul dintre cele mai ieftine și mai bune medii de cementare. Acesta la temperatura de cementare se disociază în C atomic și H_2 :

$$CH_4 \longrightarrow 2H_2 + C$$

Carbonul activ trebuie să difuzeze treptat în oțel pe măsură ce se degajă. La o degajare prea intensă și o viteză de difuzie insuficientă a acestuia în oțel, pe suprafața oțelului se poate depune carbonul (negru de fum) sub forma unui strat de funingine care împiedică în mare măsură contactul dintre supra-

faţa piesei şi faza gazoasă şi difuzia este îngreuiată. In industrie pentru evitarea acestui neajuns gazul metan folosit se diluiază fie cu alte gaze mai puţin bogate în carbon, fie cu propriile sale produse de ardere.

Cementarea cu gaze se realizează la temperaturi între 900-950°C.

Cementarea în gaze este un procedeu modern care actualmente tinde să înlocuiască procedeele de cementare în mediu solid şi mediu lichid datorită avantajelor pe care le prezintă.Astfel:

- durata totală a procesului de cementare se scurtează mult;

- se poate realiza călirea imediat după cementare;

- se reduce preţul de cost ca urmare a scurtării duratei tratamentului şi a eliminării operaţiilor de împachetare a pieselor;

- suprafaţa pieselor cementate este curată fără ţunder.

In schimb realizarea cementării cu gaze necesită o aparatură mai complicată pentru obţinerea, curăţirea, uscarea, gazelor, măsurarea compoziţiei şi a presiunii lor.

Observaţie. Piesele ce urmează să fie cementate după prelucrare mecanică, trebuie să aibă suprafeţe netede şi curate, lipsite de urme de ulei sau rugină.

4.1o.3. Tratamente termice aplicate după cementare

După cementare se aplică în mod obişnuit călirea şi revenirea joasă.

Tinînd seama de faptul că la cementare se produce o supraîncălzire şi se formează două straturi cel exterior bogat în carbon şi cel interior (miezul) sărac în carbon, călirea se aplică în mai multe variante şi anume :

Călirea directă. De la temperatura de cementare (850-950°) piesele se introduc direct în mediul de răcire. Se obţine o structură grosolană atît în miez cît şi în stratul exterior călit la martensită, din cauza supraîncălzirii. Se aplică numai pieselor mici fără importanţă în exploatare.

Călirea simplă. Se scot piesele din mediul de cementare şi se răcesc în aer adică se face o normalizare. Apoi se reîncălzesc la temperatura de ≈ 900°C pentru austenitizare şi apoi se răcesc în mediul de răcire (apă sau ulei) pentru călire. Se obţin structuri destul de fine însă transformările structurale nu sînt corespunzătoare ambelor straturi.

Călirea dublă. Se aplică pieselor de importanţă mare şi greu solicitate în exploatare. Constă în următoarele:

Piesele se scot din mediile de cementare, se răcesc în aer şi apoi se supun încălzirii la 850-900°C urmată de o răcire cu viteză mare, adică se face o călire corespunzătoare pentru miez. Urmează apoi o nouă încălzire la 750-800°C urmată de o răcire cu viteză mare, adică se face o călire corespunzătoare pentru stratul cementat. Justificarea acestei duble clădiri se poate observa pe diagrama Fe-C (pentru oţeluri) prezentat în fig. 4.44.

La prima călire structura miezului devine mai fină, în schimb stratul călit rezultă martensitic grosolan, temperatura de încălzire fiind prea ridicată pentru conţinutul respectiv de carbon.

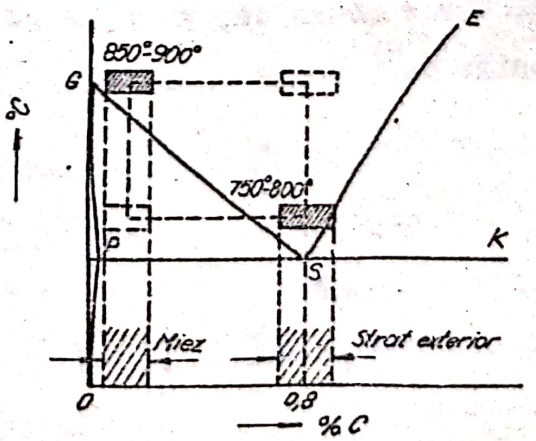


Fig.4.44
Tratament termic după cementare.

La călirea a doua se realizează la exterior o structură fină martensitică. După toate variantele de călire se aplică o revenire joasă la 150-170°C pentru detensionare.

4.10.4. Nitrurarea

Este tratamentul termochimic cu azot aplicat oţelurilor şi fontelor cu scopul obţinerii unui strat superficial bogat în azot, pentru a le mări duritatea superficială, rezistenţa la uzură, la oboseală şi la coroziune. Procesul se realizează la o temperatură inferioară punctului Ac_1, într-o atmosferă de amoniac sau alt mediu capabil să pună în libertate azot activ.

Nitrurarea oţelului sau fontei se poate efectua în mediu solid, gazos sau lichid; în toate cazurile nitrurarea se datoreşte azotului activ în stare atomică.

In industrie cel mai frecvent se foloseşte nitrurarea în mediu gazos, folosind amoniac care prin disociere va da azot activ.

$$2NH_3 \rightleftharpoons 3H_2 + 2N$$

Acesta saturează stratul superficial şi difuzează în adîncime. Azotul care se degajă reacţionează cu fierul şi formează nitruri dure. Procesul de nitrurare se efectuează la temperaturi între 500-550°C, timp de 20-60 ore în cuptoare cu muflă prin care se trece un curent de amoniac, după ce în prealabil piesele de oţel au fost călite, revenite înalt şi rectificate. Grosimea stratului nitrurat este foarte subţire, de numai cîteva zecimi de mm (0,2 ... 0,3 mm), în schimb duritatea superficială este foarte mare cca 1000 daN/mm^2 în HV, corespunzînd la 68 ... 70 unităţi HRC. După nitrurare nu se mai aplică nici un fel de tratament. Cele mai bune rezultate se obţin la nitru-

rarea oţelurilor de îmbunătăţire aliate cu Al, Cr, V sau Mo, elemente care formează nitruri foarte dure şi stabile.

Părţile pieselor care nu trebuie nitrurate se acoperă cu staniu, cupru electrolitic, silicat de sodiu sau vopsele speciale.

Faţă de cementare nitrurarea prezintă următoarele avantaje :

- temperatură mai redusă, nu este pericol de supraîncălzire, piesele nu se deformează, nefiind tratament termic ulterior.
- piesele se tratează termic şi se rectifică înainte de nitrurare, păstrîndu-se dimensiunile.
- se obţine un strat mult mai dur şi mai puţin fragil;
- stratul rezistă mai bine la uzură, coroziune şi oboseală.

Dezavantajele sînt :

- necesită o instalaţie mai complicată;
- se aplică cu rezultate bune numai la oţelurile aliate;
- durata mare de menţinere a pieselor la temperatura de nitrurare, măreşte ciclul de fabricaţie al pieselor.

4.1o.5. Cianizarea oţelurilor

Cianizarea este tratamentul termochimic de introducere simultană a carbonului şi azotului în suprafaţa pieselor de oţel prin încălzirea acestora la temperaturi deasupra domeniului de transformare, în băi de săruri topite, care să cedeze carbon şi azot. In general se execută cianizări la temperaturi joase (5oo-55o°C) cînd predomină pătrunderea azotului şi cianizări la temperaturi ridicate (8oo-85o°C) cînd predomină difuzia carbonului. După cianizare piesele se călesc în apă în scopul obţinerii unui strat superficial foarte dur şi rezistent la

uzură cu menţinerea unui miez tenace.

Cianizarea poate fi făcută în medii solide, lichide şi gazoase. Dat fiind toxicitatea ridicată a sărurilor folosite, cianizarea în mediu solid nu este folosită.

Cianizarea în mediu lichid. Se execută în băi de săruri neutre topite de carbonaţi sau cloruri,cum sînt: Na_2CO_3, KCl, $CaCl_2$, $BaCl_2$ etc., care conţin în soluţie cianuri, cum sînt : cianură de sodiu NaCN; cianură de potasiu KCN; cianură de calciu $Ca(CN)_2$; ferocianură de potasiu $K_4Fe(CN)_6$ etc. La temperatura la care are loc procesul şi sub influenţa oxigenului din aer aceste săruri se descompun separînd atomi activi de C şi N . De exemplu în cazul folosirii cianurii de sodiu se produce reacţia de descompunere:

$$4NaCN + 4O_2 = 4NaCNO_2$$

$$4NaCNO_2 \longrightarrow 2Na_2CO_3 + 2CO + 4N$$

$$2CO \longrightarrow CO_2 + C$$

Carbonul şi azotul activ sînt adsorbite de straturile superficiale ale pieselor. In funcţie de temperatura procesului deosebim :

- Cianizare de temperatură joasă care se face la temperaturi de 550-600°, aplicat mai ales la sculele executate din oţeluri rapide pentru mărirea durabilităţii acestora, precum şi la oţelul îmbunătăţit cu conţinut mediu de carbon (aliat şi nealiat) "aşa numita nitrurare moale" , pentru mărirea rezistenţei la uzură şi a limitei de rezistenţă la oboseală.

- Cianizarea la temperatură înaltă. Se efectuează între 850-1000°C şi se aplică în cazul oţelurilor de construcţie aliate şi nealiate cu conţinut mic sau mediu de carbon, precum

şi în cazul oţelului inoxidabil, pentru mărirea durităţii lor superficiale, a rezistenţei la uzură şi a limitei de rezistenţă la oboseală.

In comparaţie cu procedeele de cementare, cianizarea lichidă prezintă o serie de avantaje, cum sînt :

- durată mult mai mică (cca.2o minute);
- piesele pot fi călite direct la scoaterea lor din baie;
- suprafaţa pieselor rămîne curată.

Neajunsurile acestei operaţii sînt :

- consumul mare de săruri cianice care sînt scumpe din cauza împroşcării sau volatilizării;
- pericolul de a lucra cu ele, fiind foarte otrăvitoare.

Cianizarea în medii gazoase sau carbonitrurarea.Acest procedeu se deosebeşte de cementarea cu gaze prin faptul că la gazul de cementare se adaugă amoniac, din care rezultă atomi activi de azot ceea ce pe de o parte provoacă o nitrurare suplimentară a metalului, iar pe de altă parte provoacă accelerarea difuziei carbonului. Se recomandă să se folosească un amestec de 25% amoniac şi 75% gaz de iluminat sau gaz metan.

In funcţie de fenomenul care trebuie să predomine se aplică două feluri de carbonitrurări :

Carbonitrurarea de temperatură joasă, ce se efectuează între 5oo-6oo°C cînd predomină difuziunea azotului. Acest procedeu se aplică pentru durificarea sculelor din oţel rapid. Durata operaţiei este de o,5 ... 3 ore.

Carbonitrurarea de temperatură înaltă, procedeu ce se efectuează la temperaturi între 8oo-85o°C cînd predomină cementarea cu carbon. Durata procesului este între 1 ... 3 ore. Se aplică îndeosebi oţelurilor carbon de construcţie la diferite organe de maşini, ca : roţi dinţate, arbori, tacheţi etc. După

cianizare la temperatură înaltă se aplică o călire dublă.

Carbonitrurarea este un tratament termochimic modern şi se aplică din ce în ce mai mult în tehnică.

Prezintă următoarele avantaje :

- procedeul este aplicabil la orice oţel ;
- este exclus pericolul de otrăvire şi nu se consumă combinaţii cianice scumpe.

Adîncimea stratului carbonitrurat depinde de aceiaşi factori (timp, temperatură) ca şi la cementare.

4.1o.6. Aluminizarea

Aluminizarea (alitarea) este procesul de saturaţie superficială a oţelului şi fontei, cu aluminiu, în scopul măririi rezistenţei la oxidare şi a rezistenţei la coroziune atmosferică. Cel mai frecvent se supune aluminizării oţelul cu puţin carbon şi mai rar oţelul cu conţinut mediu de carbon şi fonta cenuşie. Oţelul şi fonta aluminizate se folosesc drept înlocuitori ai oţelului şi aliajelor puternic aliate. Oţelurile şi fontele aluminizate rezistă la oxidare la temperaturi între 8oo-1ooo°C.

In ultimul timp au început de asemenea să se aluminizeze unele aliaje şi oţeluri refractare pentru mărirea suplimentară a rezistenţei lor la formarea oxizilor.

Aluminizarea se efectuează la 7oo-11oo°C, iar adîncimea stratului aluminizat variază în limitele o,3 - 1,o mm.

S-au elaborat următoarele metode de aluminizare prin difuziune folosite actualmente în industrie :

- în amestecuri de pulberi;
- în băi cu aluminiu topit ;
- metalizarea oţelului cu aluminiu prin recoacere ulterioară de difuziune.

Aluminizarea în pulberi, se realizează prin împachetare în amestecuri formate din următorii componenţi : aluminiu sau feroaluminiu, oxid de aluminiu (alumină, caolină) şi clorură de amoniu.

Dintre reţetele folosite menţionăm :

- 5o% feroaluminiu, 5o% oxid de aluminiu cu adaos de argilă şi NH_4Cl, temperatura 11oo°C, timp de 1o - 15 ore;

- 48% feroaluminiu, 48% nisip şi 4% NH_4Cl la 1ooo°C, timp de 12-24 ore.

Aluminizarea în băi cu aluminiu topit, se execută în baie de aluminiu topit la 75o-8oo°C cu adaos de 8-12% Fe pentru a se evita dizolvarea intensă a pieselor din oţel în aluminiu topit. Durata este 3o-6o min. Pentru micşorarea fragilităţii stratului după aluminizare în baie piesele se supun recoacerii de difuziune la 9oo ... 11oo°C .

Aluminizarea prin metoda metalizării cu recoacere ulterioară. Acest proces este constituit din patru operaţii :

a. Pregătirea suprafeţei prin sablare cu nisip sau cu alice (sau încălzire pînă la 3oo°C) pentru a mări rezistenţa aderenţei aluminiului pulverizat pe oţel.

b. Aplicarea unui strat de aluminiu cu grosimea de o,7-1,2 mm.

c. Acoperirea cu o pastă a suprafeţei metalizate, pentru protejarea aluminiului împotriva oxidării în timpul recoacerii de difuziune. Pasta folosită este de diferite compoziţii pe bază de grafit argintiu, argilă refractară, nisip de cuarţ la care se mai adaugă sticlă solubilă şi uneori clorură de amoniu. Pasta încălzită la 8o-1oo°C se aplică pe suprafaţa metalizată a piesei într-un strat cu grosime de o,8-1,5 mm, cu pensula, prin scufundare sau pulverizare pneumatică, apoi se usucă

în aer, după aceea în cuptor la 8o-1oo°C.

d. Recoacerea de difuziune: introducerea pieselor în cuptor la 5oo-6oo°C, mărirea temperaturii pînă la 9oo-95o°C menţinerea timp de 2-4 ore, răcirea împreună cu cuptorul pînă la 6oo°C. Se obţine un strat aluminizat cu grosimea de o,2o - o,4o mm, de calitate suficient de bună.

4.1o.7. Cromizarea

Constă în saturarea straturilor superficiale ale pieselor de oţel cu crom. Saturaţia oţelului cu conţinut mic de carbon cu crom se face de obicei pentru mărirea rezistenţei la coroziune. La exterior se formează o soluţie solidă de Fe α şi crom, pe o adîncime de o,o5-o,15 mm.

Cromizarea oţelului cu conţinut de carbon mai mare de o,4% avînd ca rezultat un strat subţire dur de carburi cu adîncimea o,o1-o,o3 mm, se efectuează mai ales pentru mărirea durităţii lui superficiale si a rezistenţei la uzură.

Cromizarea ca metodă de mărire a rezistenţei la oxidare şi a rezistenţei la coroziune se aplică de asemenea uneori oţelurilor austenitice, aliajelor de crom, nichel şi cobalt, a niobiului, molibdenului şi a altor metale şi aliaje. Cromizarea se poate realiza: în pulberi, în paste, în vid, în mediu gazos, cromizare cu încălzire prin CIF, cromizare în mediu lichid etc.

Cromizare în pulberi datorită simplităţii sale este folosit mai des. Se realizează în amestec de pulberi care conţin cca 5o% ferocrom (sau crom) 48-49% oxid de aluminiu şi 1-2% clorură de amoniu, în cutii închise la temperaturi de cca 12oo° timp de 12-15 ore.

Cromizarea în mediu lichid se realizează în baie de săruri topite ($BaCl_2$, $MgCl_2$, $CaCl_2$ etc.) cu 1o-2o% $CrCl_2$ la cca. 1ooo° timp de cîteva ore.

4.1o.8. Silicizarea

Constă în pătrunderea prin difuziune a siliciului în straturile superficiale ale oţelului. Are ca scop mărirea rezistenţei oţelului la formarea de oxizi (arsură) la temperaturi ridicate prin formarea de siliciuri, (Fe_3Si, FeSi) în stratul exterior precum şi pentru mărirea rezistenţei la coroziune în apa marină şi în acizii azotic, clorhidric, sulfuric etc.
Se efectuează :

- în medii solide (ferosiliciu în diferite procente, 6o-8o%, şamotă 15-2o% şi 2-5% NH_4Cl) la temperaturi între 1loo - 12oo°, timp de 6-12 ore, obţinîndu-se adîncimi între o,o2 - o,9o mm .

- în medii lichide, în topitură constituită din 5o% $BaCl_2$ şi 5o% NaCl, în care se introduce 15-2o% ferosiliciu cu 7o-9o% Si, la cca. 1ooo°C, timp de 2-4 ore. Stratul silicizat atinge o,35 mm. De asemenea se realizează şi prin electrosilicizare în băi constituite din Na_2SiO_3 şi NaF.

- în mediu gazos de tetraclorură de siliciu $SiCl_4$, în cuptoare închise, în care se introduc piesele şi ferosiliciu sau carbură de siliciu. Incărcătura se încălzeşte pînă la temperatura de 95o-1o5o°C şi apoi se trece prin cuptor peste încărcătură clor sau HCl. Se formează siliciu activ, care difuzează în metal pe c adîncime de o,5-o,7 mm, după 2 - 4 ore.

In practică se foloseşte silicizarea molibdenului folosit ca element de încălzire în cuptoarele cu încălzire electri-

că la temperaturi ridicate pînă la cca. 17oo°C .

4.1o.9. Alte metode de metalizări prin difuziune

Sulfizarea este saturarea stratului superficial al pieselor din oţel cu sulf, prin care se urmăreşte creşterea rezistenţei la uzură şi gripare.

Sulfizarea se poate realiza :

- la temperaturi înalte în amestec gazos de 1% H_2S şi 99% H_2, la 1ooo°C, timp de cca. 4o ore obţinîndu-se un strat sulfizat de o,3 mm grosime.

- la temperaturi între 5oo-9oo°C, în amestecuri de pulberi (S sau FeS 4o-75%, Al_2O_3 2o-59% şi NH_4Cl 1-5%).

- sulfizarea în vid şi în sulf topit la temperaturi de 15o-5oo°C şi respectiv 12o-14o°C.

- sulfizarea în băi de diferite compoziţii ale pieselor şi sculelor la 18o-2oo°C.

Sulfocianurarea constă în saturaţia superficială a fontei şi oţelului concomitent cu sulf, azot şi carbon la temperaturi de 56o-58o°C în medii lichide şi gazoase în scopul îmbunătăţirii rezistenţei la uzură şi gripare.

Sulfocianurarea ca şi sulfizarea fac parte din grupul de procese prin care pe suprafaţa metalului se crează sărurile combinaţiilor chimice ale metalului, care joacă rol de lubrefianţi permanenţi în procesul de frecare.

Sherardizarea. Este un tratament termochimic prin care se introduce zinc în stratul superficial al pieselor de oţel şi fontă cu scopul măririi rezistenţei la coroziune în atmosferă şi în gaze fierbinţi (3oo-55o°C) care conţin hidrogen sulfurat. Prin zincare se urmăreşte acelaşi scop dar numai prin depunerea

la suprafaţă prin metalizare sau electrolitic fără difuzia zincului.

Snerardizarea se poate realiza la cald prin scufundare în zinc topit, în pulbere de zinc şi în vapori de zinc.

Borizarea. Este tratamentul termochimic de saturarea straturilor superficiale ale oţelului (de obicei cu conţinut mediu de carbon) cu bor. Se efectuează cu scopul măririi durităţii superficiale, a rezistenţei la uzură (mai ales la abraziune) şi a rezistenţei la temperatură. Adîncimea stratului borizat nu depăşeşte de obicei o,15 mm , duritatea lui superficială ajungînd pînă la 1400-1550 HV. Borizarea se poate realiza în medii gazoase şi lichide precum şi în amestecuri de pulberi.

Menţionăm faptul că se aplică saturarea straturilor superficiale ale pieselor din oţel şi cu alte elemente, ca : Be, W, Ti, Mn, P, Sb, Cu, Sn, As etc. Actualmente au început să fie aplicate tratamentele termochimice ale cuprului şi aliajelor acestuia, cu scopul măririi durităţii suprafeţei pieselor, a rezistenţei la uzură (stibizarea , zincarea, berilizarea, silicizarea), a stabilităţii la acţiunea acizilor (silicizarea, stibizarea), rezistenţa la temperaturi ridicate, rezistenţa la oxidare (aluminizare şi berilizarea cuprului şi alamei) etc.

4.11. Utilajele secţiilor de tratamente termice

Utilajele cele mai importante sînt cuptoarele şi instalaţiile de încălzire. Acestea trebuie să îndeplinească următoarele condiţii principale :

- să asigure încălzirea uniformă a întregului spaţiu de lucru al cuptorului ;

- să asigure reglarea precisă a temperaturii.

Cuptoarele pentru tratamente termice se pot clasifica după mai multe criterii ca, de exemplu :

1. După poziţia pieselor faţă de agentul termic:
   - cuptoare cu încălzire directă
   - cuptoare cu încălzire indirectă.
2. După regimul termic de funcţionare:
   - cuptoare cu funcţionare periodică
   - cuptoare cu funcţionare continuă.

Menţionăm că toate aceste tipuri de cuptoare şi principiile lor de funcţionare sînt prezentate în partea a III-a a cursului (vezi cap.9).

Pentru încălzire în vederea tratamentelor dintre cuptoarele cu funcţionare periodică sînt folosite îndeosebi cuptoarele cu cameră cu încălzire directă şi cuptoarele cu muflă, încălzite cu flacără sau electric cu elemente de încălzire prin rezistenţă.

Incălzirea pieselor grele în vederea tratamentelor termice se face în cuptoare cu vatră mobilă, iar piesele lungi în cuptoare adînci.

Dintre cuptoarele cu funcţionare continuă se folosesc cuptoarele cu propulsie, cuptoarele Carusel şi cuptoarele tunel. Aceste cuptoare asigură o productivitate ridicată şi uniformitate a încălzirii.

4.11.1. Cuptoarele cu băi (creuzet)

Cuptoarele cu băi de săruri sau de metale topite sînt folosite la tratamentul termic sau termochimic al pieselor din oţeluri aliate şi bogat aliate. Pentru încălziri la temperaturi între 700 ... 1300°C se folosesc drept săruri: clorurile

şi carbonaţii, iar pentru încălziri între 16o-5oo°C azotaţii.

Incălzirea cuptoarelor cu băi se realizează fie cu combustibil gazos sau lichid, fie cu curent electric.

Pentru încălziri la temperaturi pînă la 13oo-135o°C se utilizează cuptoare electrice cu electrozi fără creuzet metalic. Drept rezistenţe pentru încălzire se folosesc chiar sărurile topite, care formează baia. Pereţii spaţiului de lucru al cuptorului se zidesc din cărămidă de şamotă şi constituie aşa numita vană refractară.

Electrozii metalici ai băii sînt montaţi în părţile interioare ale vanei refractare în baia topită. Electrozii sînt confecţionaţi din oţel refractar în număr de 2 sau 3 şi sînt alimentaţi de la un transformator mono sau trifazic. Baia este încălzită de curentul de joasă tensiune (5 ... 25 V) care trece prin baie. In aceste cuptoare se pot obţine temperaturi pînă la 135o°C. Un asemenea tip de cuptor este reprezentat schematic în fig. 4.45.

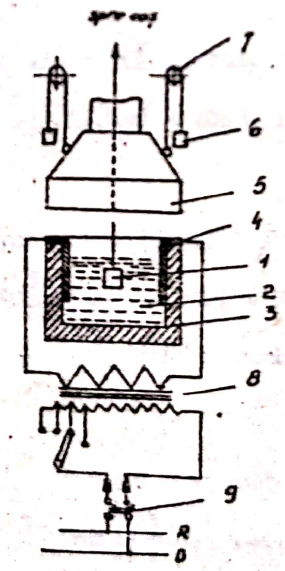


Fig.4.45
Cuptor electric cu vană cu electrozi
1-piesă; 2-baie de săruri topită; 3-vană; 4-electrod; 5- hotă; 6-contragreutate; 7-scripete; 8-transformator reglabil; 9-întrerupător.

La cuptoarele cu băi de săruri este deosebit de avantajos faptul că se pot realiza încălziri uniforme, fără oxidare şi reglarea şi măsurarea temperaturii se realizează uşor şi precis. Actualmente aceste cuptoare sînt din ce în ce mai larg folosite în secţiile de tratament termic.

4.11.2. Cuptoare cu atmosferă controlată

Actualmente cele mai moderne cuptoare pentru tratamente termice şi termochimice sînt cele cu atmosferă controlată. In aceste cuptoare se asigură condiţii optime pentru tratamente la diferite temperaturi şi în diferite medii de încălzire şi răcire. In acest scop pot fi utilizate cuptoare de diferite construcţii care trebuie să asigure o închidere etanşă a spaţiului de lucru atît faţă de spaţiul de ardere cît şi faţă de mediul înconjurător pentru menţinerea în spaţiul de lucru a unei atmosfere protectoare. Atmosferele controlate cele mai des folosite sînt : gazul metan ars parţial, gazul metan convertit cu H_2O sau CO_2, amoniacul disociat, hidrogen pur, gaze de generator, amestecuri gazoase obţinute din petrol sau alte hidrocarburi lichide şi altele.

Pentru exemplificare se prezintă în continuare cîteva tipuri de cuptoare cu atmosferă controlată dintre cele mai folosite.

Cuptoare cu cameră etanşă. Sînt cuptoare cu flacără sau electrice cu muflă etanşă în care se încarcă piesele şi se introduce atmosfera controlată. La cuptoarele cu cameră moderne la care încălzirea se face cu elemente de încălzire alimentate cu curent electric sau cu tuburi radiante care pot fi amplasate în interiorul spaţiului de lucru, mufla poate să lipsească fiind înlocuită de camera metalică exterioară complet în-

chisă a cuptorului. Aceste cuptoare după modul lor de funcţionare sînt de două tipuri şi anume : cuptoare cu cameră cu funcţionare discontinuă şi cuptoare cu cameră cu funcţionare continuă. Pentru exemplificare în fig. 4.46 se prezintă schematic un cuptor cu cameră etanşă cu funcţionare discontinuă pentru tratamente termice şi termochimice.

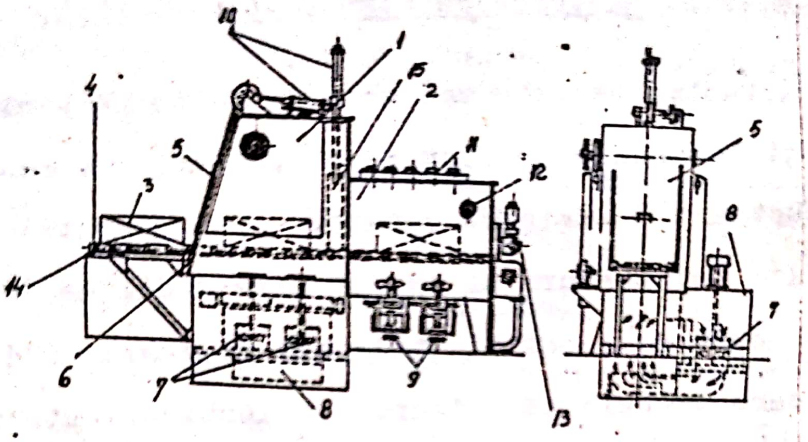


Fig. 4.46
Cuptor cu cameră etanşă cu funcţionare discontinuă pentru tratamente termice şi termochimice.

1- antecameră; 2-cameră de încălzire; 3-cutie cu piese; 4- platformă de încărcare; 5-uşi; 6-perdea de flăcări; 7- agitatoare; 8-bazin de călire (ulei) 9-ventilatoare; 10-mecanisme de ridicat; 11-tuburi de încălzire; 12-intrare gaz; 13-mecanism de scoatere; 14-transportor; 15-uşă intermediară.

Cuptorul funcţionează discontinuu în felul următor: cutia cu piese de pe o platformă de încărcare cu ajutorul unui transportor se introduce în anticamera instalaţiei cu atmosferă controlată şi protejată la uşă cu o perdea de flăcări şi de aici prin uşa intermediară în camera de lucru a cuptorului propriu-zis. Atmosfera din cuptor se omogenizează cu ajutorul unor ventilatoare. Dacă după încălzire urmează o călire a pieselor, cutia este readusă în antecameră şi cu ajutorul unui mecanism de coborîre se scufundă în bazinul de călire cu ulei.

Uleiul din baie este amestecat cu două agitatoare laterale. Toată operaţia se execută sub protecţia atmosferei controlate. După călire piesele cu cutia se ridică în antecameră şi apoi se evacuiază din cuptor. Piesele rezultă curate, neoxidate la suprafaţă, avînd o culoare alb-gri argintiu, caracteristică operaţiei de sablaj. Consumul de atmosferă controlată la o instalaţie cu volumul de 1 m^3 al cuptorului propriu-zis este de cca 12-15 m^3/h.

In ce priveşte cuptoarele cu cameră cu funcţionare continuă, acestea sînt prevăzute pe lîngă antecameră şi camera de lucru propriu-zisă cu încă o cameră de călire sau răcire mai lentă. Aici cutia cu piesele din camera de lucru a cuptorului propriu-zis nu se mai retrage ci merge înainte printr-o altă uşă intermediară în camera de călire şi apoi după răcire sînt scoase din cuptor prin uşa de scoatere.

Cuptoarele cu clopot. Sînt folosite pentru recoacerea neoxidantă a diferitelor produse, cum sînt: rulourile de benzi, ale colacilor de sîrmă, sau a altor produse, pentru sinterizarea pieselor metaloceramice, etc. Un asemenea cuptor clopot este arătat schematic în fig. 4.47.

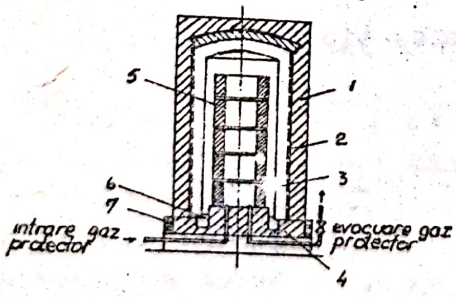


Fig. 4.47
Cuptor clopot cu atmosferă controlată.
1-clopot exterior încălzitor din material refractar ceramic; 2-elemente de încălzire; 3-clopot interior din oţel refractar (muflă); 4-platformă vatră; 5-încărcătură; 6-închizător cu nisip; 7-închizător cu ulei sau apă.

Cuptoarele clopot funcţionează sub formă de instalaţii, compuse din 2 ... 4 platforme vetre prevăzute cu jgheaburi inelare de etanşare, 2 sau 3 clopote din tablă de oţel refractar şi unul sau două clopote încălzitoare

din material refractar ceramic prevăzute în interior cu elemente de rezistenţă electrică. Incărcătura de pe prima platformă se acoperă cu clopotul muflă sub care circulă atmosfera controlată şi peste care se pune apoi clopotul încălzitor. Simultan cu tratamentul termic efectuat pe prima platformă se pregăteşte o a doua platformă cu încărcătură şi cu clopot refractar interior. După terminarea tratamentului în primul clopot de pe prima platformă, clopotul exterior încălzitor se ridică şi se suprapune peste clopotul refractar de pe platforma următoare pentru încălzire. Clopotul refractar de pe prima platformă se ridică de pe încărcătură după ce aceasta se răceşte sub 2oo-15o°C. In cazul existenţei a trei platforme funcţionarea cuptoarelor se realizează prin permutări circulare, astfel deşi aceste cuptoare individual au o funcţionare discontinuă prin funcţionarea lor după schema ciclică au o productivitate destul de ridicată.

Cuptoarele tubulare cu bandă transportoare. Sînt cuptoare cu regim continuu de funcţionare, folosite la realizarea diferitelor tipuri de recoaceri la piese mici şi mijlocii în producţia de mare serie, la sinterizarea produselor presate din pulberi metalice, îndeosebi pe bază de fier etc. In fig. 4.48 se prezintă schematic un asemenea tip de cuptor.

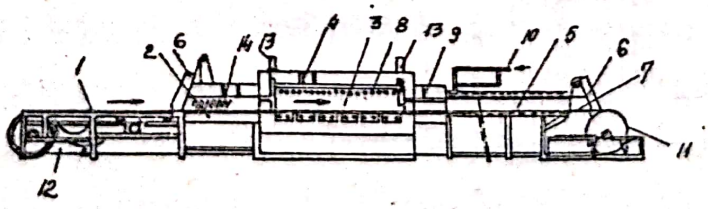


Fig. 4.48

Cuptor tubular cu bandă transportoare.

1-platforma de încărcare; 2-antecameră; 3-cameră de lucru; 4-termocuple; 5-răcitor; 6-uşi; 7-bandă transportoare; 8-elemente de încălzire; 9-intrare gaz protector; 1o-intrare H_2O; 11-tambur; 12-mecanism pentru avans.13-mecanism pentru uşă intermediară; 14-elemente de încălzire.

Sînt cuptoare cu încălzire electrică. Elementele de încălzire pot fi din aliaje obişnuite de rezistenţă din Cantal sau din molibden în funcţie de temperatura maximă necesară. Pentru deplasarea pieselor în cuptor se folosesc benzi transportoare tip plasă din sîrmă de oţel termorefractar pentru piese mici antrenată cu viteza corespunzătoare pentru tratamentul dat de către un mecanism de antrenare. Pentru piesele mijlocii şi mari se folosesc cuptoare tubulare la care banda transportoare se înlocuieşte cu o cale de role antrenate cu o viteză dorită. Piesele se aşază în zona platformei de încărcare pe banda transportoare şi traversează toată instalaţia pătrunzînd pe sub uşa întredeschisă în antecamera cuptorului unde se preîncălzesc, trec în continuare prin cuptorul propriu-zis (camera de lucru) şi apoi prin zona lungă de răcire cu pereţi dubli prin care circulă apă de răcire şi ies din cuptor sub uşa întredeschisă de scoatere după care banda se descarcă automat piesele alunecînd pe un jgheab înclinat sau pe altă bandă de transport.

Atmosfera controlată intră în cuptor în două puncte şi excesul iese prin spaţiul liber de sub uşi. Pentru a împiedica intrarea aerului în instalaţie la capetele tunelului sînt două perdele de flacără prevăzute cu hote de aspiraţie. Aceste tipuri de cuptoare sînt prevăzute cu un sistem complex de măsurare, înregistrare şi reglare automată a temperaturii din diferite zone, de măsurare şi reglare a debitelor şi presiunilor de gaze, de semnalizare şi avertizare la deranjamente. Aceste cuptoare se remarcă printr-o productivitate ridicată şi asigură produselor o calitate foarte bună.

Scanned with OKEN Scanner

4.11.3. Instalații de încălzire

Dintre acestea menționăm :

- instalațiile de încălzire prin curenți de înaltă frecvență;

- instalațiile de încălzire prin contact electric;

- instalațiile de încălzire superficială cu flacără.

Toate aceste instalații au fost amintite în legătură cu tratamentul de călire superficială a oțelurilor.

4.11.4. Instalații de răcire

Aceste instalații sînt folosite la călire și sînt foarte multe tipuri în funcție de mediul de răcire folosit (apă, ulei, săruri topite, aer etc.), de modul de încălzire sau de răcire a mediului, de mărimea pieselor de călit etc.

Pentru exemplificare în fig. 4.49 se prezintă o vană de răcire cu ulei prevăzută cu un circuit de răcire cu apă.

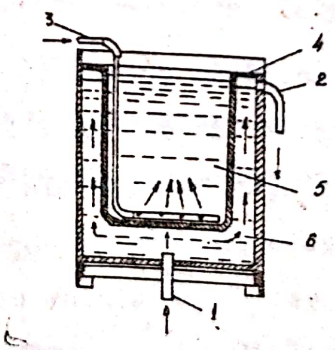


Fig. 4.49
Vană de răcire cu baie de ulei, cu agitare pneumatică și circuit de apă de răcire.
1-intrare apă; 2-prea plin pentru apă; 3-intrare aer comprimat; 4-capac; 5-baie de ulei; 6-rezervor de apă.

Omogenizarea și agitarea băii de ulei este realizată prin insuflare de aer comprimat. Se pot folosi și agitatoare

mecanice. In cazul instalaţiilor de răcire de mare capacitate se folosesc schimbătoare de căldură independente cu apă de răcire. In aceste cazuri lichidul de călire este într-o mişcare continuă în circuit închis-vană de călire-schimbător de căldură-vană de călire.

La unele instalaţii de răcire în vanele de călire sînt aşezate serpentine de ţevi prin care circulă mediul de răcire necesar (apă sau abur) pentru răcirea lichidului de călire pînă la temperaturi corespunzătoare.

4.12. Tratamente termomecanice

Ansamblul operaţiilor de deformare plastică şi tratamente termice, reunite într-un singur proces tehnologic poartă numele de tratament termomecanic (prescurtat TTM). Se menţionează însă faptul că nu orice combinaţie de deformare plastică şi tratament termic se consideră tratament termomecanic, ci numai aceea la care deformarea plastică influenţează proprietăţile metalului după tratament termic prin influenţa pe care o are asupra mecanismului schimbărilor de fază şi structurale la tratamentele termice ulterioare.

In funcţie de condiţiile de temperatură în care se realizează deformarea plastică tratamentele termomecanice pot fi împărţite în două categorii :

- tratamente termomecanice cuprinzînd deformarea rece, şi
- tratamente termomecanice cuprinzînd deformarea la cald.

4.12.1. Tratamente termomecanice cuprinzînd deformarea la rece

Din această categorie cel mai răspîndit tratament termomecanic este cel care include deformarea la rece înaintea uneia din operaţiile de tratament termic. De exemplu: laminarea la

rece combinată cu recoacerea ulterioară la temperatură joasă; se utilizează la fabricarea arcurilor şi membranelor de alamă şi bronz pentru obţinerea caracteristicilor maxime de elasticitate.

Deformarea la rece după călire la unele aliaje se efectuează pentru accelerarea îmbătrînirii ulterioare, de exemplu pentru intensificarea durificării prin precipitare a oţelurilor austenitice prin realizarea descompunerii soluţiei suprasaturate.

Pentru ridicarea proprietăţilor de rezistenţă a unor aliaje termorezistente pe bază de fier (oţeluri austenitice), nichel (aliaje de tip Nimonic), cupru (bronz de beriliu), aluminiu şi magneziu; se aplică un tratament termomecanic după schema: călire-deformare la rece (cu reducerea secţiunii 25, 5o, 75%) - îmbătrînire.

4.12.2. Tratamente termomecanice cuprinzînd deformarea la cald

In ultimul timp se foloseşte din ce în ce mai mult tratamentul termomecanic care reuneşte într-o singură operaţie de încălzire deformarea plastică la cald şi călirea ulterioară. După cum deformarea plastică înaintea călirii are loc la temperaturi superioare domeniului de recristalizare, avem: tratament termomecanic la temperatură înaltă (TTMTS), sau are loc la o temperatură inferioară domeniului de recristalizare, avem : tratament termomecanic la temperatură joasă (TTMTI). In cazul oţelurilor în ambele cazuri urmează o călire la martensită a austenitei ecruisate.

- Tratamente termomecanice la temperatură joasă (TTMTI). Aceste tratamente sînt aplicate la oţelurile aliate care se călesc la martensită şi prezintă după diagrama TTT un larg dome-

niu de stabilitate a austenitei suprarăcite. Deformarea plastică a oţelului se efectuează în intervalul de temperaturi al celei mai mari stabilităţi a austenitei suprarăcite care este situat deasupra punctului martensitic însă sub temperatura începutului recristalizării (fig.4.5o).

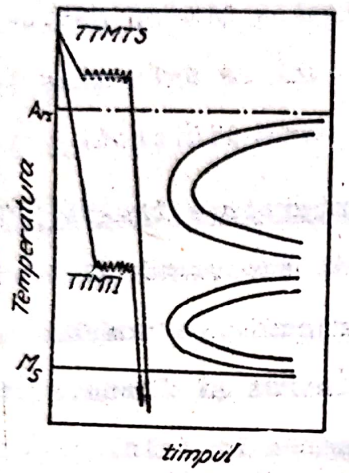


Fig. 4.5o.
Schema tratamentelor termomecanice la temperatură înaltă şi la temperatură joasă pentru oţelurile aliate care se călesc la martensită.

Schema TTMTI pentru oţelurile aliate de construcţii este: încălzire peste Ac_3 pentru austenitizare-suprarăcirea austenitei pînă la 4oo ... ...6oo°C prelucrarea prin presare cu reducerea secţiunii pînă la 9o% călire la martensită şi urmată de revenire joasă (loo - 2oc°C). In felul acesta rezistenţa unor oţeluri se ridică de la 18o-22o daN/mm^2, obţinut după tratamentul termic obişnuit la 28o-33o daN/mm^2, fără ca plasticitatea şi rezilienţa să scadă, chiar crescînd uneori şi acestea.

Acest procedeu a fost publicat prima dată de către E.M.Lips şi H.Von Zuilen şi numit ausforming.

Creşterea rezilienţei prin TTMTI depinde de gradul şi temperatura deformării, temperatura de revenire, conţinutul de carbon şi alţi factori. Cele mai înalte proprietăţi se obţin pentru oţeluri cu o,4-o,5%C. La conţinuturi mai mari scad puternic alungirea şi rezilienţa. Ridicarea purităţii oţelurilor şi îndeosebi aplicarea turnării în vid dau cele mai înalte proprietăţi de rezistenţă. De asemenea tratamentul sub 0°C mă-

fiind cantitatea de martensită, intensifică efectul TTMTI. Natura creşterii rezistenţei prin TTMTI constă în faptul că la deformarea plastică a austensitei se creează defecte ale structurii reticulare, din care rezultă formarea martensitei fine.

Introducerea TTMTI în producţie prezintă dificultăţi datorită faptului că necesită utilaje puternice pentru prelucrarea prin presiune, fiind necesare grade mari de deformare la temperaturi la care rezistenţa la deformare este ridicată.

- Tratamente termomecanice la temperatură înaltă (TTMTS)

La aceste tratamente termomecanice călirea executată imediat după deformarea plastică la temperaturi superioare domeniului de recristalizare preîntîmpină recristalizarea şi fixează starea structurală care a luat naştere la ecruisarea la cald.

In funcţie de TTMTS metalele şi aliajele se pot împărţi în două grupe:

1. Cele care prezintă transformare polimorfă (martensitică);

2. Cele care nu prezintă transformări polimorfe.

- 1. In cazul TTMTS al oţelurilor călite la martensită cresc proprietăţile de rezistenţă şi plasticitate.

Oţelurile de construcţie pot fi tratate după schema : prelucrare prin deformare peste Ac_3 cu reduceri de 5o-9o%, călire şi revenire joasă. In acest fel rezistenţa ajunge la cca. 25o daN/mm^2 , alungirea 8% şi gîtuirea 3o%. Creşterea rezistenţei se datoreşte faptului că ecruisarea austenitei se transmite martensitei şi totodată se produce o mărunţire generală a structurii.

TTMTS faţă de TTMTI prezintă următoarele avantaje :

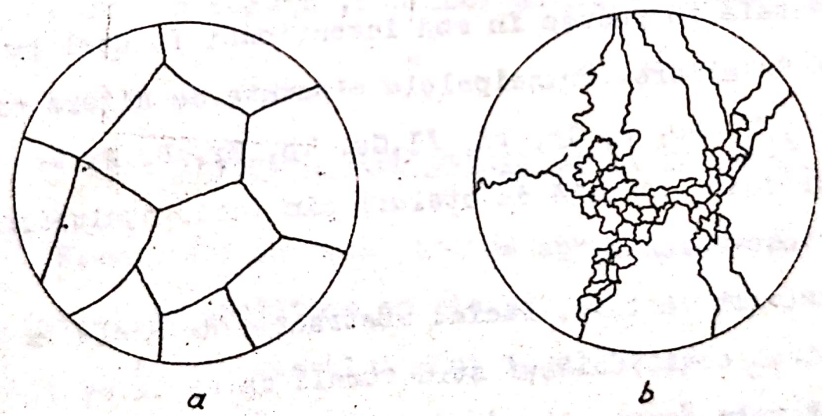
- Tehnologia executării mai uşoară, deformarea efectuîn-

du-se la temperaturi înalte de forjare sau laminare cînd rezistenţa la deformare este mult mai mică.

Aplicarea TTMTS nu este limitată la oţelurile aliate care prezintă o stabilitate mare a austenitei suprarăcite după diagrama TTT; se poate aplica şi la oţelurile carbon.

- 2. In cazul metalelor şi aliajelor care nu prezintă transformări polimorfe (martensitice) TTMTS se aplică cu scopul măririi rezistenţei şi termorezistenţei. S-au efectuat cercetări îndeosebi asupra oţelurilor austenitice şi asupra aliajelor de nichel de tip Nimonic.

Creşterea rezistenţei la cald de exemplu, la oţelurile austenitice este cauzată de formarea limitelor neregulate, dinţate a grăunţilor de austenită sub influenţa deformării plastice (fig. 4.51.a şi b).



a b

Fig. 4.51
Oţel austenitic
a. după tratament termic obişnuit;
b. după TTMTS

Această structură îngreunează ruperea intercristalină la temperaturi ridicate. In final se remarcă faptul că TTM sînt tratamente noi moderne şi cu perspective largi şi valoroase în ce priveşte îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice a metalelor şi aliajelor.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 5

OTELURI ALIATE

5.1. Generalităţi

Oţelurile care în afară de fier şi carbon, conţin elemente chimice care lipsesc în oţelurile carbon, adăugate în mod special şi în proporţie suficientă pentru a produce modificări sensibile a uneia sau a mai multor proprietăţi, sau care conţin o cantitate mai mare de elemente însoţitoare (Mn,Si) decît cea normală, se numesc oţeluri aliate.

Elementele introduse în mod intenţionat în oţel se numesc elemente de aliere. Principalele elemente de aliere sînt : Cr, Ni, Mn, Si, W, Mo, V, Co, Ti, Al,Cu, Nb, Zr, B, N, Be.

Din producţia totală de oţeluri din lume, oţelurile aliate reprezintă 6-10%.

In oţelurile aliate, făcînd abstracţie de unele excepţii, apar aceiaşi constituienţi structurali ca şi la oţelurile carbon, deosebirile constau numai în faptul că soluţiile solide şi carbura de fier Fe_3C conţin dizolvate în stare solidă o anumită cantitate din elementele de aliere şi că anumite elemente de aliere formează cu carbonul carburi speciale.

Marea majoritate a elementelor de aliere se dizolvă în ferită, astfel :

- elementele aşezate în sistemul periodic la dreapta fierului se dizolvă în ferită şi nu formează carburi în alia-

jele Fe-C (Ni, Co, Si, Cu, etc);

- cele aşezate la stînga fierului se repartizează între ferită şi fazele carburi, o parte din conţinut se dizolvă în ferită şi alta în cementită sau formează carburi speciale.

Unele elemente pot să existe în oţel în stare liberă (Pb, Ag, Cu), cînd sînt insolubile sau foarte puţin solubile în fier sau sub formă de sulfuri, oxizi, silicaţi (elemente care au o afinitate mai mare faţă de oxigen şi sulf), iar alte cîteva elemente pot forma cu fierul compuşi definiţi (de ex. FeCr).

Elementele de aliere îmbunătăţesc considerabil proprietăţile mecanice, fizice chimice şi tehnologice ale oţelurilor. Variaţia proprietăţilor oţelului prin aliere este determinată de natura şi cantitatea de elemente de aliere adăugată în oţel şi de raportul lor faţă de principalele elemente ale oţelului Fe şi C.

5.1.1. Raportul elementelor de aliere faţă de fier

Elementele cu raze atomice apropiate de a fierului prezintă o mare solubilitate cu fierul. Cele cu raze atomice foarte diferite de ale fierului sînt insolubile.

Elementele de aliere : Ni, Co, Mn, V, Cr, W, Mo, Ti, Al, Nb, Zr, Be, formează cu fierul soluţii solide de substituţie, din care însă numai Ni şi Co sînt solubile reciproc cu fierul pînă la temperaturi joase. Cromul şi vanadiul în aliere cu fierul imediat după solidificare formează tot soluţii solide cu solubilitate nelimitată dar la răcire în anumite limite de concentraţie formează combinaţii chimice.

Elementele de aliere B, N şi de asemenea elementele vătămătoare O şi H , formează cu fierul soluţii solide de in-

terstiţie. Solubilitatea acestor elemente în fier este extrem de mică şi se măsoară cu zecimi şi sutimi de fracţiuni, în % .

In cazurile cînd elementele de aliere introduse în fier în cantităţi care întrec limitele de solubilitate în stare solidă surplusul de obicei formează combinaţii chimice cu fierul. Astfel elementele de aliere formează cu fierul două feluri de aliaje: soluţie solidă sau o combinaţie chimică.

Intrucît principalele tratamente termice ale oţelurilor se bazează pe transformările alotropice, trebuie să se cunoască influenţa elementelor de aliere asupra acestor transformări.

5.1.2. Influenţa elementelor de aliere asupra polimorfismului fierului

Această influenţă se poate stabili cercetînd aspectul zonelor de început ale diagramelor de echilibru pentru aliajele fierului cu diferite elemente de aliere.

După influenţa asupra transformărilor alotropice, elementele de aliere se împart în două grupe :

I. - Elemente de aliere care coboară pe A_3 şi ridică pe A_4, adică lărgesc domeniul δ .

In această grupă intră elementele Ni, Mn, care formează cu fierul de la anumite concentraţii în sus numai soluţie δ (fig.5.1.a).

Impreună cu carbonul aceste elemente dau oţeluri austenitice. Cobaltul poate fi inclus în această categorie deşi la început ridică pe A_3 dar la conţinuturi mai mari îl coboară.

Elementele C, Cu, N, As, Zn au aceeaşi influenţă asupra punctelor critice (lărgesc domeniul δ) însă prezintă o solubilitate limitată, astfel că la anumite concentraţii pot for-

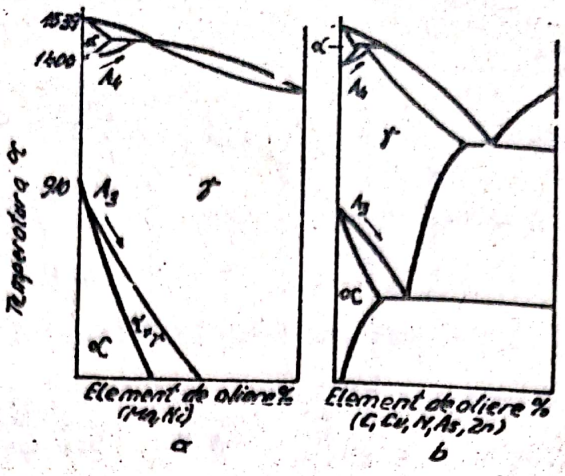


Fig.5.1.

Schema diagramelor fier-element de aliere(domeniul lărgit)

ma combinaţii chimice, eutectice, eutectoizi care închid domeniul γ (fig.5.1.b). Elementele de aliere din această grupă Ni, Mn, Co, Cu, N, C, care lărgesc domeniul γ formează aşa numita grupă a Ni.

II. - Elemente de aliere care ridică pe A_3 şi coboară pe A_4 , adică îngustează domeniul γ .

Din această grupă fac parte elementele: Cr, Mo, W, Si, Ti, Al, Be. De la un anumit conţinut al elementului cînd domeniul γ se închide pe diagrama respectivă există numai soluţia α (fig.5.2.a).

Aceste elemente împreună cu carbonul dau oţelurile feritice.

Elementele B, Zr, Nb, Ta, O, au aceeaşi influenţă, însă domeniul îngustat al fazei γ este vecin cu domenii eterogene (fig.5.2.b) unde pot fi eutectoizi, peritectoizi sau compuşi chimici. Elementele de aliere din această grupă: Cr, Mo, W, Si, Ti, Al, Be, B, Zr, Nb, Ta, O care îngustează domeniul γ formează aşa numita grupă a Cr.

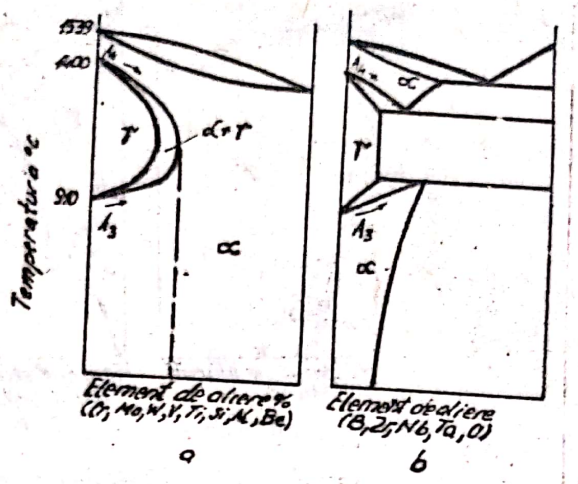


Fig. 5.2
Schema diagramelor fier-element de aliere
(domeniul γ îngustat)

Influenţa elementelor de aliere asupra proprietăţilor feritei depinde de razele atomice ale acestora. Atomii elementului de aliere pătrunşi în reţeaua feritei modifică parametrii acestuia, creiază tensiuni ceea ce duce la modificarea proprietăţilor feritei. Astfel duritatea feritei este mărită îndeosebi de elementele Si, Mn, Ni, Mo, W, Cr.

Tenacitatea şi rezilienţa feritei este micşorată de Mn, Mo, Si (Cr puţin). Se menţionează faptul că Ni pe lîngă faptul că nu micşorează tenacitatea feritei, măreşte mult duritatea ei.

Prin aliere cu anumite elemente de aliere duritatea feritei poate fi mărită prin răcire cu diferite viteze. Astfel în cazul alierii cu Cu, Ni, Cr, Mn, ferita poate fi durificată prin călire. La răciri intense aspectul structural al feritei aliate poate lua o formă aciculară cu duritate mărită, care se menţine chiar la o temperatură mare de revenire (cca.500°C).

In cazul alierii cu Si, Mo, W, nu se constată creşterea durităţii feritei prin răcire bruscă.

5.1.3. Raportul elementelor de aliere faţă de carbon

In ce priveşte comportarea faţă de carbon elementele de aliere se împart în două grupe:

1. Elementele care formează carburi şi dau cu carbonul carburi stabile în oţel. Aceste elemente fac parte din grupa tranziţională (de trecere) şi au un substrat electronic d mai puţin complet decît fierul. Cu cît substratul d este mai incomplet, cu atît afinitatea elementului faţă de carbon este mai puternică şi stabilitatea carburilor formate mai mare. Ordinea crescătoare a elementelor în această privinţă este : Fe, Mn, Cr, W, Mo, V, Zr, Nb, Ti, Hf, Ta.

2. Elementele care nu formează carburi în oţel : Ni, Co, Al, Cu, N. Menţionăm că unele din aceste elemente pot forma carburi în absenţa fierului, însă mai puţin stabile ca cementita.

La toate elementele care formează carburi, în afara de Fe, Mn şi Cr, raportul razei atomice a carbonului faţă de cea a metalului este mai mic decît 0,59 , astfel se formează faze de pătrundere. In consecinţă carburile pot fi împărţite în două categorii :

I. Carburi cu structură cristalină complexă : Fe_3C, Mn_3C, $Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3 sau Fe_2Mo_2C, Fe_2W_2C.

II. Faze de pătrundere : Mo_2C, W_2C, WC, VC, TiC, NbC, TaC, Ta_2C, ZrC.

In funcţie de conţinutul de elemente de aliere şi carbon al oţelului se pot forma :

- carburi simple (speciale) cînd sînt conţinuturi ridicate de elemente de aliere: $Cr_{23}C_6(Cr_4C)$, Cr_7C_3, Mo_2C, etc.
- carburi duble, combinate cu fierul la conţinuturi

medii de elemente de aliere de forma: Fe_2Mo_2C, Fe_2W_2C etc., care sînt carburi duble propriu-zise, sau $(FeCr)_7C_3$, $(FeCr)_4C$ etc., care sînt soluţii solide ale fierului în carburile simple respective;

- cementite aliate la conţinuturi mici de element de aliere $(FeX)_3C$.

Toate carburile din oţelul aliat, de orice compoziţie ar fi se caracterizează prin duritate şi fragilitate ridicate caracteristice şi pentru Fe_3C, dar prin comparaţie cu aceasta carburile speciale sînt în general mai puţin fragile şi mai dure. Prezenţa carburilor speciale influenţează asupra rezistenţei şi durităţii ridicate a oţelurilor nu atît prin compoziţia chimică cît mai ales prin gradul lor de dispersiune.

Referindu-ne la distribuirea elementelor de aliere care formează carburi în oţel, care pot fi sub formă de combinaţie chimică cu C sau Fe, sau să se afle în soluţie solidă, menţionăm că repartizarea acestora depinde de conţinutul de C în oţel şi de prezenţa altor elemente care formează carburi. La conţinut redus de C şi element de aliere în cantitate mare C va fi legat sub formă de carbură, iar excesul de elemente trece în soluţie, iar dacă este C mult şi puţine elemente de aliere se formează numai carburi în ordinea afinităţii elementelor faţă de carbon.

In general se constată că elementele de aliere se dizolvă de preferinţă în fazele principale ale sistemului Fe-C (ferită, cementită) sau formează carburi.

5.1.4. <u>Influenţa elementelor de aliere asupra punctelor de transformare a diagramei Fe-C la încălzire</u>

Se constată că elementele care lărgesc domeniul δ (grupa Ni) provoacă coborîrea punctului critic Ac_3 de trecere din α în δ, iar elementele ce îngustează domeniul δ (grupa cro-

mului) urcă acest punct. Acest lucru se observă mai ales la un conţinut mic de carbon. O asemenea acţiune a elementelor se observă pînă la un grad oarecare şi în privinţa transformării perlitice Ac_1. In fig. 5.3 este reprezentată influenţa celor mai importante elemente de aliere asupra poziţiei punctului eutectoid la încălzire (Ac_1).

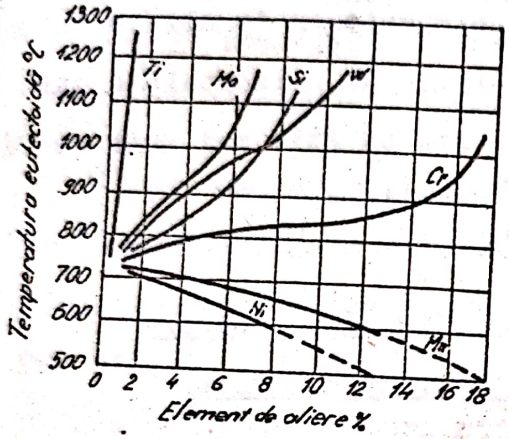


Fig. 5.3.
Influenţa elementelor de aliere asupra temperaturii punctului eutectoid la încălzire.

In ceea ce priveşte deplasarea punctelor critice, influenţa elementelor nu se manifestă numai asupra temperaturii ci şi asupra concentraţiei. In fig. 5.4, este arătată influenţa conţinutului elementelor de aliere asupra concentraţiei carbonului în punctul eutectoid.

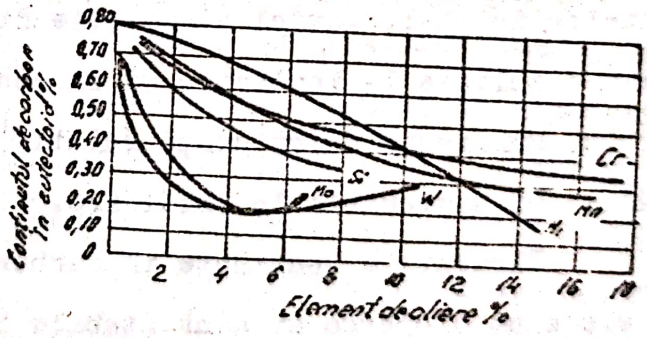


Fig. 5.4.
Influenţa elementelor de aliere asupra concentraţiei carbonului în eutectoid.

Toate elementele de aliere deplasează punctul eutectoid S la stînga înspre reducerea concentraţiei C. In mod analog cele mai multe din elemente deplasează la stînga şi punctul E care determină limita de solubilitate a carbonului în austenită. Cea mai puternică influenţată în acest sens, enumerată în ordinea influenţei lor crescînde o au elementele: Cr, Si, W, Mo, V, Ti. Toate aceste elemente îngustează domeniul γ în aliajele siste-

mului Fe element de aliere.

La un anumit conţinut de elemente de aliere punctul E este atît de deplasat spre stînga încît chiar la un conţinut de C de cîteva zecimi de procent, în structura oţelului se poate găsi ledeburită care în aliajele Fe-C simple este prezentă la conţinuturi de C peste 2,06%.

In felul acesta, adăugarea elementelor de aliere în oţel este însoţită de deplasare pe verticală şi orizontală a punctelor critice de transformare şi aceasta cu atît mai mult cu cît sînt introduse mai multe elemente de aliere.

5.1.5. Influenţa elementelor de aliere asupra creşterii grăunţilor de austenită

Toate elementele de aliere cu excepţia manganului şi a aluminiului în cantităţi mari, micşorează tendinţa de creştere a grăunţilor de austenită - la încălzire, iar influenţa lor cantitativă este diferită şi depinde de forma şi conţinutul elementelor în oţel. Astfel elementele dizolvate în ferită şi care rămîn dizolvate la încălzire şi în austenită cum sînt: Ni, Co, Si, Cu, manifestă o influenţă relativ slabă asupra creşterii grăuntelui austenitic la încălzire.

Elementele conţinute în carburi, dacă carburile formate de ele sînt disperse şi sînt stabile la încălzire cum sînt: Cr, W, Mo, V, Nb, Ti enumerate în ordinea crescîndă a stabilităţii lor, manifestă o influenţă puternică de micşorare a tendinţei de creştere a grăuntelui de austenită. Carburile dizolvîndu-se greu în austenită constituie bariere la unirea grăunţilor de austenită.

Intrucît aproape toate calităţile de oţeluri aliate conţin unele elemente care contribuie la micşorarea tendinţei

austenitei pentru creşterea grăuntelui la încălzire, oţelul aliat e mai puţin înclinat la supraîncălzire în comparaţie cu oţelul carbon, exceptînd oţelul aliat cu mangan. Acest fapt constituie un mare avantaj tehnologic al oţelului aliat la tratamentul termic.

5.1.6. Influenţa elementelor de aliere asupra transformărilor austenitei la răcire

Toate elementele de aliere cu excepţia cobaltului măresc stabilitatea austenitei suprarăcite şi micşorează viteza sa de transformare. Aceasta înseamnă deplasarea la dreapta a diagramelor TTT (fig.5.5.a). Se menţionează faptul că elementele de aliere care formează carburi ridică stabilitatea austenitei numai în cazul cînd sînt dizolvate în austenită.

Influenţa elementelor de aliere asupra transformării austenitei suprarăcite nu se manifestă numai în ceea ce priveşte deplasarea liniilor de transformare spre dreapta dar şi în schimbarea aspectului exterior al curbelor de transformare izotermică. Astfel diagramele TTT ale oţelului aliat cu elemente care nu formează carburi cum sînt : Ni, Cu, Si, Al, precum şi cu Mn nu se deosebesc prin aspectul lor exterior de diagramele TTT ale oţelului carbon obişnuit, adică posedă numai o singură zonă de stabilitate minimă a austenitei suprarăcite (fig.5.5.a). In schimb diagramele TTT ale oţelului aliat cu elemente care formează carburi cum sînt: Cr, W, Mo, V, Ti şi altele prezintă două zone de stabilitate minimă a austenitei şi o zonă de stabilitate maximă şi deci se deosebesc mult prin aspectul exterior de diagramele corespunzătoare ale oţelului carbon (fig.5.5.b).

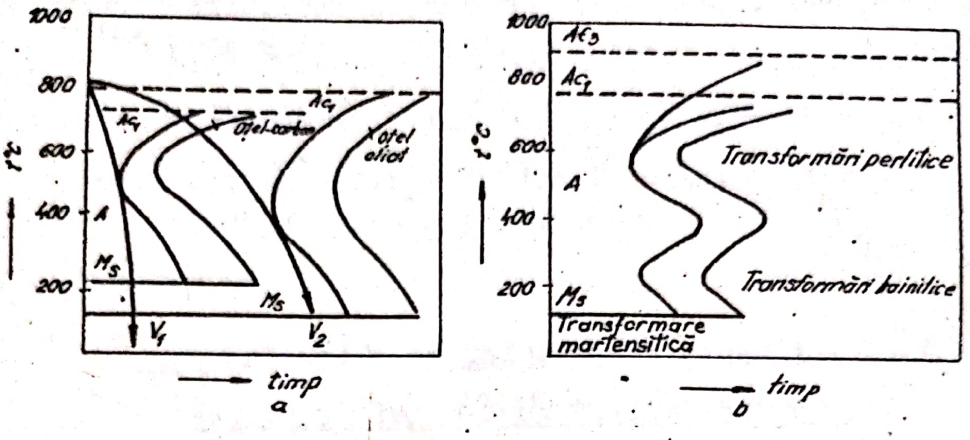


Fig. 5.5
Diagramele TTT izoterme pentru oțeluri aliate

Deplasarea diagramei TTT la dreapta sub influența elementelor de aliere înseamnă creșterea stabilității austenitei suprarăcite și micșorarea vitezei critice de călire. Astfel toate elementele de aliere cu excepția cobaltului, micșorează viteza critică de călire și deci măresc călibilitatea. Influența cea mai puternică în acest sens o au Mo, Mn, Cr, Si, Ni și Cu.

In fig.5.5.a, se vede că viteza V_2 care pentru oțelul carbon corespunde obținerii unei structuri perlitice, pentru oțelul aliat reprezintă viteza critică de călire. In consecință la oțelurile aliate în comparație cu oțelurile carbon este posibilă utilizarea mediilor mai puțin energice (ulei sau aer) pentru călirea pieselor de secțiuni egale. De asemenea pentru viteze de călire egale, călirea la martensită se realizează mai în adîncime la oțelurile aliate.

In ce privește influența elementelor de aliere asupra transformării martensitice se constată că majoritatea elementelor de aliere coboară punctul Ms (fig. 5.6) mărind cantitatea de austenită rezidual la temperatura obișnuită.

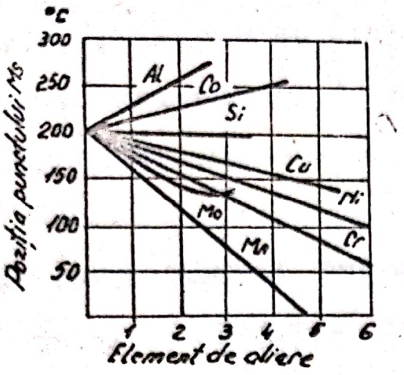


Fig. 5.6
Influența elementelor de aliere asupra punctului Ms

Excepție fac cobaltul , aluminiul și siliciul care nu-l influențează. De asemenea și Mf este coborît de majoritatea elementelor de aliere însă mai puțin sensibil.

De exemplu cca 5% Mn coboară punctul Ms la zero grade, asta înseamnă că prin călire, la temperatura obișnuită obținem austenita.

5.1.7. Influența elementelor de aliere asupra transformărilor la revenire

Ca rezultat al transformării martensitice la revenire în oțelul aliat se formează structuri de revenire, reprezentînd un amestec mecanic de carburi globulare disperse și ferită aliată. Prezența elementelor de aliere se manifestă prin ridicarea temperaturii transformării martensitei în aceste structuri.

Cea mai puternică influență în sensul ridicării temperaturii transformării martensitei o exercită Si, Mo, W . Ridicarea temperaturii de revenire este însoțită ca și la oțelul carbon de creșterea treptată a grăunților carburilor ceea ce înseamnă coborîrea corespunzătoare a rezistenței și durității și ridicarea proprietăților plastice și rezilienței.

Influența elementelor de aliere asupra transformărilor la revenire este diferită și depinde de faptul dacă aceste elemente se dizolvă în ferită sau în cementită sau dacă formează

carburi speciale. Astfel elementele care se dizolvă în ferită (ex,Ni) nu influenţează vizibil procesele de revenire, cele solubile în cementită încetinesc separarea şi aglomerarea carburilor şi micşorarea durităţii cu temperatura de revenire este mai puţin intensă.

In cazul elementelor care formează carburi speciale separarea acestora din soluţia α sau din soluţia γ începe numai la peste 500°C. Duritatea scade foarte puţin pînă la 400 ... ... 500°C, deoarece carbonul se menţine în soluţie.

Separarea carbonului din austenita reziduală la 450 ... ... 500°C şi transformarea ei la răcire în martensită duce la mărirea durităţii (călire secundară).

5.1.8. Fragilitatea oţelului aliat la revenire

Spre deosebire de oţelul carbon, unde rezilienţa creşte continuu pe măsura ridicării temperaturii de revenire, la multe oţeluri aliate se observă apariţia fragilităţii la revenirea în intervalul de temperaturi 250 ... 400°C, ceea ce se manifestă printr-o scădere pronunţată a rezilienţei oţelului în acest interval. La revenirea unor oţeluri aliate de construcţie (în special la oţeluri Cr-Ni) în variaţia crescătoare a rezilienţei apar chiar două zone minime deci două domenii de fragilitate (fig.5.7); zona 1 la 300 ... 400°C care este o fragilitate de neînlăturat legată de transformarea austenitei reziduale în martensită de revenire, şi zona 2 la 500 ... 550°C care se observă la o răcire lentă după revenire, cauzată de separarea din ferită a unor compuşi de fosfor cu elemente de aliere care amplasîndu-se pe marginile grăunţilor, reduc valoarea rezilienţei. Această fragilitate poate fi înlăturată printr-o răcire rapidă.

Prin alierea oţelurilor Cr-Ni cu 0,2-0,4% Mo sau W se micşorează fragilitatea la revenire. Manganul dimpotrivă acţio-

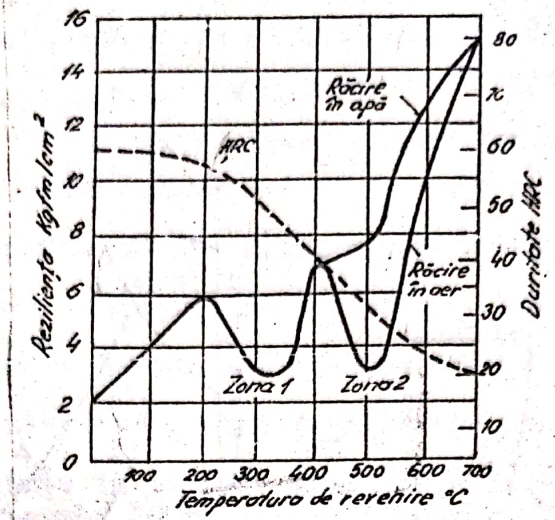


Fig. 5.7

neazã în sensul măririi acestei fragilităţi.

5.2. Clasificarea oţelurilor aliate

Oţelurile aliate pot fi clasificate după mai multe criterii:

5.2.1. Clasificarea după compoziţia şi structura în stare de echilibru (recoacere)

In funcţie de structura obţinută la răcire foarte lentă oţelurile aliate se clasifică (fig.5.8) în mod analog ca şi oţelurile carbon şi este determinată de deplasarea la stînga a punctului eutectoid S şi a celui de solubilitate a carbonului în austenită E . După acest criteriu oţelurile aliate se clasifioă în felul următor :

- Oţeluri hipoeutectoide cu structuri ferito-perlitice. La conţinuturi mai mici de carbon şi element de aliere; sînt oţeluri obişnuite de construcţie.

- Oţeluri hipereutectoide (cu structuri: carburi secundare + perlita), la conţinuturi mijlocii de carbon şi element de aliere; din această categorie fac parte oţelurile de scule slab aliate.

- Oţelurile ledeburitice cu structura: ledeburită+carburi secundare+perlită. La conţinuturi mari de carbon şi element de aliere sînt oţeluri dure pentru scule.

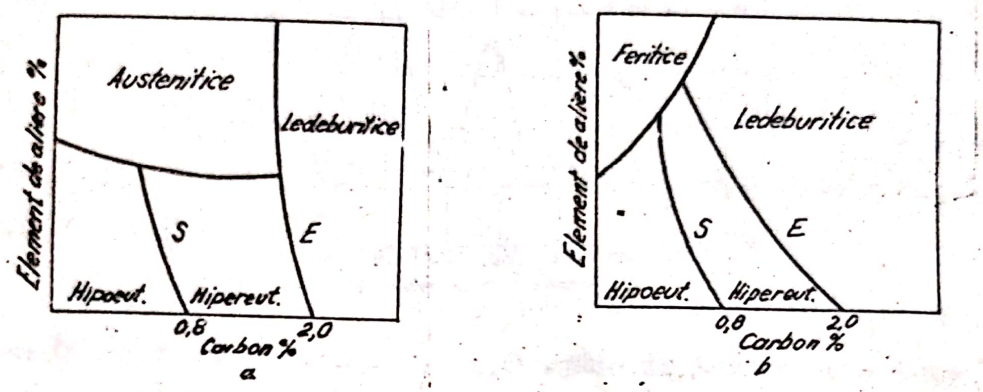


Fig. 5.8.
Structura oţelurilor aliate la răcire de echilibru (recoacere)

Din fig. 5.8 se vede că pentru conţinuturi ridicate de elemente de aliere şi conţinuturi reduse de carbon, structura va fi austenitică în cazul cînd elementul de aliere respectiv lărgeşte domeniul γ (fig.5.8.a) sau va fi feritic dacă îngustează domeniul γ (fig.5.8.b).

5.2.2. Clasificarea după structura obţinută la răcire în aer

După cum s-a arătat pe măsura creşterii conţinutului elementelor de aliere în oţel, diagrama TTT se deplasează spre dreapta, deci se măreşte stabilitatea austenitei suprarăcite şi de asemenea se deplasează şi punctul martensitic Ms în jos.

Ca rezultat pentru aceeaşi viteză de răcire în aer de la temperaturi deasupra lui Ac_3 şi Ac_{cem} în cazul oţelurilor aliate, în funcţie de cantitatea elementelor de aliere se pot obţine diferite structuri. Astfel avem oţeluri cu structură perlitică, martensitică, austenitică, cu carburi (cementitică) şi feritică. Pe măsura creşterii conţinutului de carbon, concentraţia necesară a elementului de aliere, pentru obţinerea

diferitelor structuri metastabile poate fi mai mică, întrucît carbonul contribuie de asemenea la creşterea capacităţii de călire a oţelului la un conţinut pînă la o,9% .

Impărţirea în aceste clase a oţelurilor aliate, după structura obţinută la răcire în aer liber a fost făcută de către savantul francez L.Guillet, încă de acum 75 de ani, pe baza unor diagrame construite pentru fiecare oţel aliat ternar de genul celei prezentate în fig.5.9 care arată cu o oarecare aproximaţie structura obţinută la răcirea în aer, în funcţie de conţinutul de carbon şi de elementul de aliere. In aceste diagrame apar trei domenii principale şi două domenii de tranziţie.

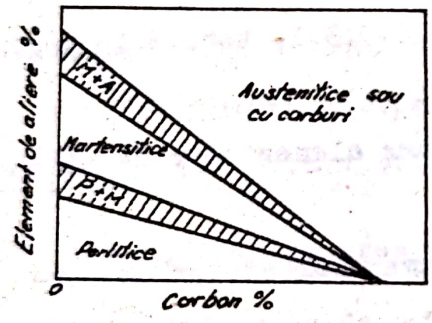


Fig. 5.9
Diagrama Guillet

- Oţelurile perlitice, sînt oţeluri slab aliate, cele mai utilizate în construcţia de maşini.

- Oţelurile martensitice, sînt oţeluri cu conţinut ridicat de elemente de aliere, cu structură martensitică sau troostitică.Sînt oţeluri autocălibile (care se călesc la răcire în aer), dure şi casante, puţin întrebuinţate în practică.

Oţelurile austenitice, sînt oţeluri bogat aliate cu elemente care lărgesc domeniul γ (mangan, nichel) şi datorită faptului că punctul martensitic Ms este situat sub 0°C au o structură austenitică la temperatura obişnuită. De cele mai multe ori au proprietăţi fizico-chimice speciale. Sînt folosite ca oţeluri amagnetice, oţeluri rezistente la uzură, datorită faptului că prin deformare la rece se ecruisează puternic (ex. oţelurile manganoase), ca oţeluri inoxidabile şi rezistente la coroziune. Rezistenţa şi duritatea acestor oţeluri este relativ

mică în schimb au alungiri mari.

- Otelurile cu carburi, se obţin în cazul conţinuturilor ridicate de carbon şi elemente de aliere care formează carburi. Are structura compusă dintr-o masă de bază feritică, austenitică sau martensitică, în care sînt înglobate carburile. Sînt oţeluri dure utilizate pentru scule.

- Oţelurile feritice, sînt oţeluri aliate cu elemente care îngustează domeniul δ (crom, siliciu etc.) şi au o structură de bază feritică. Sînt oţeluri cu proprietăţi fizice şi chimice speciale.

5.2.3. Clasificarea după cantitatea elementelor de aliere

După STAS R 7171-72 (vezi p.I.cap.3.5.3.1, tab. 3.1o pag. 418) deosebim :

- oţelurile slab aliate cu suma elementelor de aliere sub 5%.
- oţeluri mediu aliate cu suma elementelor de aliere între 5-1o%.
- oţeluri înalt aliate cu suma elementelor de aliere peste 1o%.

Oţelurile slab aliate au în principiu proprietăţi asemănătoare celor ale oţelurilor carbon, cu deosebirea că, după felul şi cantitatea elementului de aliere se îmbunătăţesc anumite proprietăţi dorite şi se atenuează unele proprietăţi nedorite. Avantajele principale ale oţelurilor aliate constau din călibilitatea mai bună la răcire mai lentă şi o stabilitate mai mare la revenire a piesei călite. Astfel se obţine o pătrundere de călire mai mare, deformare mai mică, cu o tendinţă mai mică la fisurare, tenacitate mai bună cu o rezistenţă înaltă, o limită de curgere mărită, rezistenţă mai mare la oboseală precum şi o mai bună rezistenţă la temperaturi înalte.

- Oţelurile mediu şi înalt aliate au adesea proprietăţi speciale care lipsesc oţelurilor nealiate sau slab aliate, de ex: rezistenţa la coroziune faţă de anumiţi agenţi chimici, rezistenţa la oxidare la temperaturi înalte, capacitatea de aşchiere la temperaturi înalte, nemagnetizarea, proprietăţi electrice, magnetice sau dilataţie deosebite etc.

5.2.4. Clasificarea după numărul de elemente de aliere

Avem:

- oţeluri aliate ternare-care conţin în afară de cele două elemente de bază Fe şi C un singur element de aliere (de ex. oţeluri aliate cu Cr, Ni, Mn, Si, etc.)

- oţeluri aliate cuaternare care conţin două elemente de aliere (de ex. oţelurile Cr-Ni, Cr-Mn, Cr-Mo, Cr-V, Cr-W etc.

- oţeluri aliate polinare care conţin mai multe elemente de aliere (de ex.oţeluri Cr-Ni-Mo, Cr-Ni-W, Cr-Mn-V etc).

5.2.5. Clasificarea după utilizare (destinaţie)

In funcţie de utilizare oţelurile aliate se clasifică în:

- oţeluri de construcţie, folosite în construcţia de maşini şi utilaje. Acestea la rîndul lor se împart în oţeluri pentru cementare, oţeluri pentru îmbunătăţire şi oţeluri pentru nitrurare.

- oţeluri pentru scule, folosite pentru fabricarea sculelor de aşchiere, de lovire, matriţare şi de măsurare.

- oţeluri cu proprietăţi speciale (de ex.oţeluri inoxidabile, oţeluri refractare, oţeluri cu proprietăţi termice speciale etc.).

In cele cu urmează se prezintă succint principalele categorii de oţeluri după criteriile "număr de elemente de

aliere" şi "după utilizare" .

5.3. Oţelurile aliate ternare

5.3.1. Oţeluri cu nichel

Nichelul se dizolvă în orice proporţie în austenită şi ferită. Nu formează carburi. Este un element gamagen adică lărgeşte domeniul γ . Nichelul măreşte călibilitatea oţelului.Dă structură fină, măreşte rezistenţa, limita de elasticitate şi tenacitatea oţelului. Peste 5% Ni măreşte rezistenţa la oxidare şi la coroziune, în schimb micşorează sudabilitatea oţelului. In general oţelurile cu nichel prezintă o bună turnabilitate şi se prelucrează bine prin deformare plastică.

Oţelul aliat cu nichel se prezintă la temperatura ambiantă în stare perlitică, martensitică sau austenitică în funcţie de concentraţia în elementul de aliere. Acest lucru rezultă din diagrama Guillet construită pentru oţelurile cu nichel prezentată în fig. 5.1o.

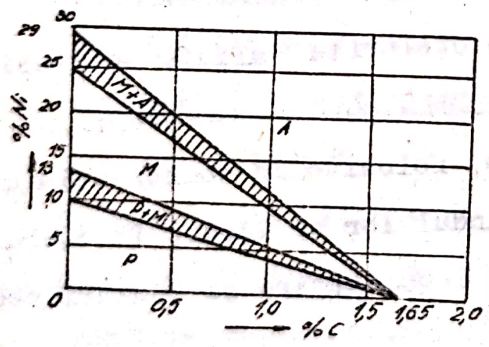


Fig. 5.1o
Diagrama Guillet a oţelurilor cu nichel.

Se observă că nu există o delimitare precisă între diferitele domenii ci apare o trecere progresivă de la unul la altul.

Oţelurile aliate cu Ni perlitice utilizate mai frecvent sînt oţeluri de construcţii slab aliate (cu 1 ... 5% Ni) pentru cementare sau îmbunătăţire. Prin cementare urmată de călire şi revenire, se obţine un strat superficial dur de martensită, rezistentă la uzură şi un miez moale şi tenace, care suportă bine solicitările dinamice. La oţelurile de îmbunătăţire se realizează

rezistenţe ridicate la tracţiune, rezilienţă bună şi de asemenea alungire şi gîtuire ridicate.

- Oţelurile martensitice au rezistenţa la rupere şi limita elastică foarte ridicate, dar alungirea specifică este mică. Aceste oţeluri n-au o utilizare practică prea mare, deoarece sînt fragile şi greu de prelucrat.

- Oţelurile austenitice sînt oţeluri bogat aliate, cu proprietăţi fizice şi chimice speciale. Aceste oţeluri au rezistenţă la rupere şi limita elastică de valori mici, însă alungirea şi gîtuirea au valori mari. Se utilizează pentru piese care trebuie să aibă o mare rezistenţă la coroziune şi în acelaşi timp o mare rezilienţă. Aceste oţeluri îşi menţin proprietăţile şi la temperaturi ridicate, fapt pentru care sînt utilizate la fabricarea supapelor motoarelor cu ardere internă. Oţelurile austenitice cu nichel sînt oţeluri inoxidabile, oţeluri nemagnetice, oţeluri cu dilatare redusă cum sînt: invarul cu 35,5% Ni, platinitul cu 48% Ni, are acelaşi coeficient de dilatare ca şi sticla.

Nichelul neformînd carburi n-are nici o influenţă asupra durităţii oţelului în stare recoaptă. Adesea nichelul se asociază cu elementele care formează carburi (Cr, W, Mo) şi se realizează oţeluri cu bune proprietăţi mecanice.

5.3.2. Oţeluri cu mangan

Manganul lărgeşte domeniul soluţiei γ ca şi nichelul, este deci un element gamagan. Este relativ puţin solubil în fierul α, formează carburi de forma Mn_3C, $Mn_{23}C_6$ solubile în cementită. Din studiul diagramei Guillet (fig 5.11) se vede că oţelurile cu mangan prezintă aceleaşi structuri ca şi cele cu nichel dar manganul are o influenţă de două ori mai puternică decît nichelul în ceea ce priveşte schimbarea structurii.

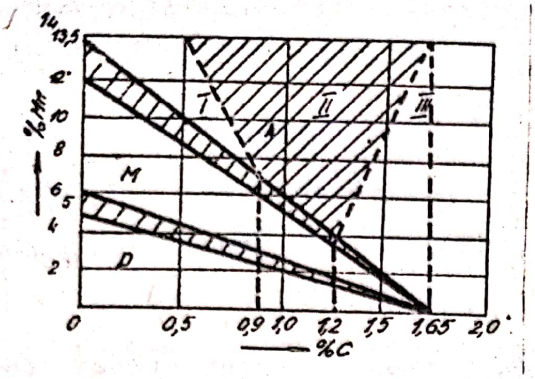


Fig. 5.11
Diagrama Guillet

Astfel oţelurile cu mangan pot fi perlitice, martensitice şi austenitice funcţie de concentraţia manganului.

Oţelurile perlitice conţin oţelurile obişnuite de construcţie. Oţelurile martensitice nu se utilizează, iar dintre oţelurile austenitice se utilizează numei cele din domeniul II (fig.5.11). Cele din domeniul I pot deveni uşor martensitice iar cele din domeniul III conţin şi carburi. Carburile prin separare la periferia grăunţilor, fac oţelul dur şi casant.

Oţelurile cu mangan supuse revenirii prezintă fragilitatea de revenire. Această fragilitate de revenire poate fi combătută (dacă oţelul conţine pînă la 2,5% Mn) prin adăugare de molibden.

In oţelurile obişnuite de construcţie manganul măreşte duritatea, rezistenţa la uzură şi călibilitatea. Oţelurile cu mangan sînt însă foarte sensibile la supraîncălzire. Pînă la un procent de 12% Mn influenţează negativ sudabilitatea, dincolo de acest procent oţelul recapătă sudabilitatea. Oţelurile bogat aliate cu mangan au o conductibilitate termică de cca 4 ori mai mică în comparaţie cu oţelurile carbon, astfel că încălzirea lor trebuie să se facă cu mare atenţie pentru evitarea fisurărilor.

In practică de fapt se utilizează numai oţelurile aliate cu conţinuturi de peste 6% Mn şi cu o,9 ... 1,2 C care au o structură austenitică stabilă la temperatura ordinară şi fără carburi.

Oţelurile aliate cu mangan prezintă o rezistenţă la uzură prin frecare de cca 1o ori mai mare, decît oţelurile nealiate de aceeaşi rezistenţă la tracţiune. Oţelurile austenitice aliate cu mangan prezintă o tendinţă mare la ecruisare şi datorită acestui fapt prelucrarea lor prin aşchiere este dificilă.

Comportamentul oţelului cu mangan ilustrează că austenita se poate transforma în martensită prin deformare la rece. Oţelurile manganoase turnate în piese de tip Hadfield conţin 1o-15% Mn şi o,9-1,4% C, se remarcă printr-o mare rezistenţă la uzură şi la tracţiune. La noi în ţară sînt standardizate două mărci de asemenea oţeluri manganoase turnate în piese, în STAS 3718-63.

Sînt utilizate la fabricarea macazelor de cale ferată, fălci de concasoare, căptuşeli pentru mori, şenile, pentru case de bani, piese pentru excavatoare etc.

5.3.3. Oţeluri cu crom

Cromul este un element alfagen adică îngustează domeniul γ . Prezintă solubilitate nelimitată în fierul α şi de asemenea în anumite limite se poate dizolva şi în fierul γ , dar în special formează carburi simple sau duble cînd conţinutul de carbon este suficient. Aceste carburi au stabilitate termică mare şi este necesar să se facă austenitizarea la temperaturi ridicate, şi o menţinere îndelungată spre a fi posibilă călirea. In fig. 5.12 se prezintă diagrama Guillet pentru aceste oţeluri cu structurile la răcire în aer.

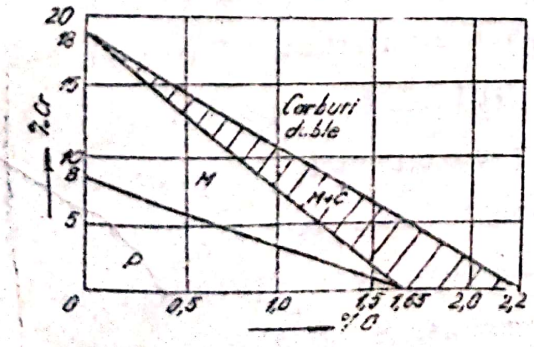


Fig. 5.12.
Diagrama Guillet.

In oţelurile perlitice de

de construcţie cromul dă o structură fină, măreşte rezistenţa la uzură, fără a micşora mult rezilienţa. Cromul scade tendinţa spre supraîncălzire dar nu creşte în măsură suficientă călibilitatea. Cromul favorizează cementarea şi nitrurarea. Deoarece măreşte elasticitatea, oţelurile cu crom pot fi utilizate şi la fabricarea arcurilor.

Din categoria oţelurilor cu crom slab aliate menţionăm oţelurile pentru rulmenţi, RUL 1 şi RUL 2 standardizate în STAS 1456 / 1 - 75 cu 0,95 ... 1,05% C şi 1,3 ... 1,65% Cr utilizate pentru inelele rolele şi bilele de rulmenţi. Menţionăm că aceste oţeluri conţin şi puţin mangan, primul 0,2o-0,4o% şi al doilea 0,9o-1,2o%.

Oţelurile bogat aliate cu crom cu carburi sînt utilizate pentru scule avînd duritate mare şi rezistenţă la uzură.

La răcirea de echilibru structura aliajelor ternare fier-crom-carbon este reprezentată în fig. 5.13. Se observă că atît punctul eutectoid S cît şi punctul E din diagrama fier-carbon sînt deplasate sensibil de crom spre conţinuturi de carbon mai mici. Aceasta face ca la concentraţii mai mari de crom să apară în structură o cantitate apreciabilă de perlită, respectiv de carbură chiar la conţinuturi relativ mici de carbon. La conţinuturi mai mari de crom şi de carbon, oţelurile devin ledeburitice. Oţelurile cu crom pot fi folosite pentru magneţi permanenţi de dimensiuni mari. Nu prezintă pericol de fisurare la călire (în ulei). O compoziţie foarte mult utilizată în acest scop este: 1% C; cca 6% Cr şi restul fier. Oţelurile feritice conţinînd peste 12% Cr

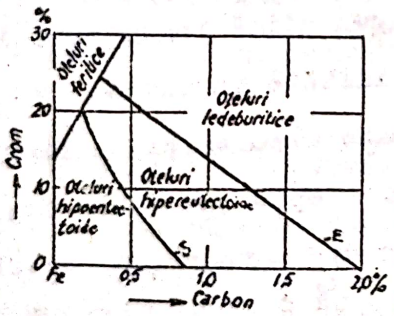


Fig. 5.13.
Diagrama structurală a oţelurilor cu crom.

sînt oţeluri rezistenţe la coroziune.

5.3.4. Oţeluri cu wolfram

Wolframul ca şi cromul formează carburi simple şi duble foarte dure. Wolframul măreşte rezistenţa la rupere, duritatea la rece şi la cald, micşorează însă alungirea, sudabilitatea oţelurilor şi de asemenea se micşorează sensibil şi conductibilitatea termică, astfel că încălzirea şi răcirea semifabricatelor şi pieselor din acest oţel trebuie să se execute cu mare atenţie. In fig. 5.14 se prezintă structurile oţelurilor cu wolfram la răcire în aer după Guillet.

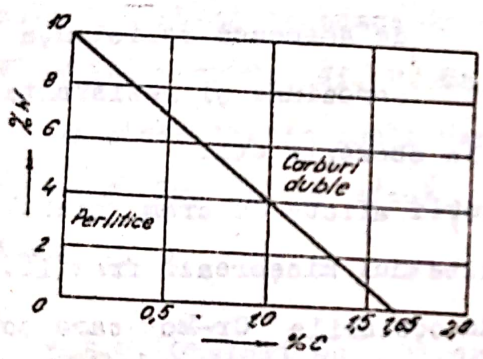


Fig. 5.14.
Diagrama Guillet.

Influenţa wolframului asupra modificării structurii este cca de două ori mai puternică decît a cromului. Oţelurile perlitice cu wolfram au o structură foarte fină, duritate mare şi rezilienţă redusă. Ele de obicei sînt aliate pe lîngă wolfram şi cu crom şi nichel. Wolframul în procente reduse (0,2-0,4%) micşorează fragilitatea de revenire a oţelurilor aliate de construcţii. Wolframul de cele mai multe ori este folosit ca element de aliere împreună cu alte elemente în diferite calităţi de oţeluri slab aliate sau bogat aliate (oţeluri rapide), oţeluri pentru magneţi permanenţi, oţeluri rezistente la temperaturi înalte etc.

5.3.5. Oţeluri cu molibden

Molibdenul în oţeluri are influenţe deosebit de favorabile. Astfel dă o structură fină, măreşte rezistenţa la obo-

seală, măreşte călibilitatea favorizează cementarea şi uşurează prelucrarea pe maşini unelte.

Efectul molibdenului privind modificarea structurii este de 4 ori mai puternică ca al wolframului. Acest lucru se observă pe diagrama Guillet din fig. 5.15.

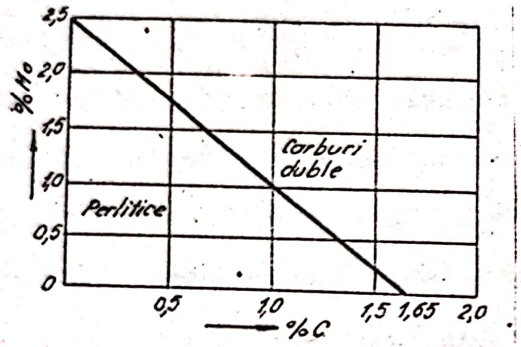


Fig. 5.15.
Diagrama Guillet.

In majoritatea cazurilor, molibdenul este utilizat drept adaos la alte oţeluri aliate contribuind la mărirea rezistenţei mecanice, a rezilienţei, a durităţii la rece şi la cald mărind de asemenea rezistenţa la coroziune şi rezistenţa la temperaturi înalte, rezistenţa la oboseală etc.

In oţelurile de construcţii aliate cu crom, nichel, mangan cu structuri perlitice, molibdenul micşorează fragilitatea la revenire. Se utilizează şi în oţelurile Cr-Mo care pot înlocui pe cele Cr-Ni în multe domenii.

Oţelurile polinare Cr-Ni-Mo au proprietăţi mecanice deosebit de bune la conţinuturi de numai o,15-o,8% Mo. In cantităţi mai mari 1-1o% molibdenul se foloseşte în unele oţeluri bogat aliate de scule ca înlocuitor al wolframului. De asemenea se utilizează la unele oţeluri inoxidabile şi rezistente la temperaturi ridicate pentru a le mări rezistenţa mecanică.

5.3.6. Oţeluri cu vanadiu

Din diagrama Guillet fig. 5.16 rezultă că vanadiul are o influenţă şi mai puternică decît a molibdenului.

La fel ca elementele: Cr, W, Mo, vanadiul formează carburi stabile, îngustează domeniul γ şi se dizolvă în ferită.

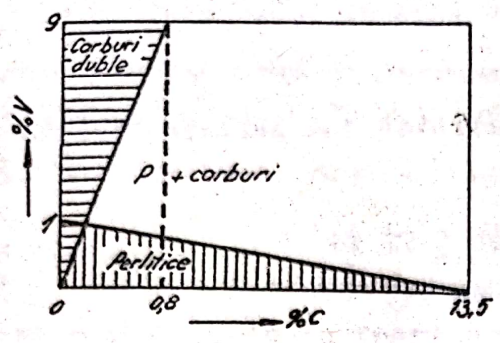


Fig. 5.16
Diagrama Guillet.

Vanadiul măreşte duritatea, fără a micşora alungirea şi rezilienţa. Măreşte rezistenţa la rupere, ridică limita de elasticitate, rezistenţa la oboseală, la uzură, rezistenţa la coroziune etc. Prin faptul că împiedică formarea structurii Widmannstätten, contribuie la obţinerea unor structuri fine după turnare. Vanadiul măreşte călibilitatea. In oţelurile de construcţie se utilizează numai ca adaos în cantităţi mici (pînă la max. o,3% V) alături de Cr, Ni, W, Mo .

In oţelurile de scule vanadiul este utilizat între 1-2% alături de W, Cr, Mo, cu efecte pozitive asupra proprietăţilor mecanice.

5.3.7. Oţeluri cu siliciu

Siliciul face parte din elementele care îngustează domeniul γ . Oţelurile cu siliciu conţin în mod obişnuit între o,5-4,5% Si. Fierul α are capacitate mare de dizolvare a siliciului, astfel la 20°C limita de solubilitate este la 14% Si. La oţelurile bogate în carbon siliciul poate forma şi carburi. Siliciul avînd afinitate mare pentru oxigen, formează oxizi - silicaţi etc., care rămîn ca incluziuni şi la deformarea plastică a oţelului pot da naştere la structuri fibroase.

Siliciul este puternic grafitizant; astfel la recoaceri prelungite se ajunge la descompunerea cementitei în oţelurile hipereutectoide, obţinîndu-se oţeluri cu grafit în cuiburi punctiforme.

Oţelurile cu siliciu după structură şi conţinutul de siliciu pot fi:

- perlitice - cu structura perlitică sau perlito-feritică şi care conţin sub 5% Si.
- ferito-perlitice cu grafit cu 5-7% Si
- feritice cu grafit cu peste 7% Si.

Oţelurile ferito-perlitice cu grafit au o bună rezistenţă la uzură şi se prelucrează uşor, dar proprietăţile mecanice scad însă sensibil cu creşterea conţinutului de siliciu. Din acest motiv în mod obişnuit în oţelurile de construcţie aliate conţinutul de siliciu este sub o,35% .

Siliciul măreşte rezistenţa la rupere, duritatea şi rezistenţa la oboseală. Ridică mult limita de elasticitate fiind întrebuinţat la fabricarea oţelurilor pentru arcuri alături de crom, vanadiu şi mangan (vezi STAS 795-71). Siliciul este folosit şi în oţelurile rezistente la temperaturi ridicate, de ex, oţelurile de supape (1-4% Si) deoarece prin faptul că ridică puternic punctul critic A_3, micşorează pericolul de supraîncălzire.

In ce priveşte influenţa asupra proprietăţilor fizice remarcăm faptul că siliciul măreşte rezistivitatea electrică a oţelurilor datorită formării soluţiei solide de ferită cu siliciu şi cauzează o permeabilitate magnetică ridicată. Astfel: oţelurile cu mult siliciu (2-4%) şi cu conţinut redus de carbon sînt folosite larg sub formă de tablă silicioasă la transformatoare, maşini electrice etc. La noi în ţară tabla silicioasă este standardizată în STAS 673-67. Rezistivitatea ridicată a acestor oţeluri micşorează pierderile prin curenţi turbionari (Foucault) şi prezintă totodată pierderi mici prin histerezis.

Influenţa siliciului ca element de aliere asupra proprietăţilor fizico mecanice ale oţelului se prezintă succint în tab. 5.1.

- Tabelul 5.1 -

Conţinutul în Si %	Caracteristicile fizico-mecanice ale oţelului
o,2 ... 1	- Caracteristici mecanice ridicate, rezistenţă mare la uzură, se poate ambutiza bine.
1 ... 3	- Limita elastică ridicată, creşte rezistenţa la uzură; se întrebuinţează la fabricarea arcurilor.
2 ... 4	- Proprietăţi electrice speciale, pierderi mici prin curenţi Foucault.
12 ... 4o	- Creşte rezistenţa la coroziune; sînt sensibile la fragilitate. Se folosesc numai în stare turnate. Au bune proprietăţi electrice.

5.3.8. Oţelurile cu bor

Aceste oţeluri se remarcă printr-o structură fină şi omogenă. Borul are o acţiune puternică asupra călibilităţii. De fapt, acest element, în proporţie o,ooo5 ... o,oo3% întîrzie transformarea perlitică fără să modifice temperatura de transformare. Influenţa borului asupra călibilităţii variază în funcţie de conţinutul de carbon şi devine neglijabilă pentru conţinuturi în carbon mai mari de o,7% . Astfel borul nu este utilizat decît la oţelurile cu conţinuturi mai mici de o,7% C şi în special pentru mărcile de cementare pentru îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice ale inimii piesei. Borul nu influenţează poziţia punctului martensitic Ms. El se opune formării constituienţilor moi în timpul călirii. Borul în cantităţi foarte mici, de numai o,oo3%, măreşte duritatea şi rezistenţa prin prezenţa borurilor foarte dure.

Oţelurile aliate cu bor sînt utilizate la fabricarea angrenajelor şi pinioanelor cementate, a buloanelor, arborilor şi arcurilor.

5.3.9. Alte oţeluri aliate ternare

Oţelurile cu cobalt. Aceste oţeluri au o rezistenţă mare la oxidare la temperaturi ridicate. Astfel cobaltul este folosit ca element de aliere în oţelurile complexe cu W, V şi Cr cum sînt: oţelurile de supape, oţeluri rapide etc. Deoarece cobaltul conferă oţelurilor o forţă coercitivă mare, este folosit la elaborarea oţelurilor pentru magneţi permanenţi (cum sînt de ex. oţelurile Cr-Co-Mo, Cr-W-Co).

Oţelurile cu aluminiu. Se remarcă prin rezistenţă bună la coroziune la temperaturi ridicate, datorită faptului că la suprafaţa oţelului se formează o peliculă rezistentă, continuă şi aderentă de Al_2O_3. In acest sens menţionăm oţelurile Si-Cr-Al. In acelaşi scop se aplică şi aluminizarea (alitarea), proces de saturaţie superficială a oţelului şi fontei despre care au fost date amănunte în capitolul 4.1o.6 "Aluminizarea". Aluminiul de asemenea favorizează nitrurarea fiind folosit la elaborarea oţelurilor pentru nitrurare. Este de asemenea folosit şi ca element de adaos în anumite tipuri de oţeluri şi aliaje pentru magneţi permanenţi, ca de ex. aliajele: Al-Ni, Al-Ni-Co, Al-Ni-Co-Cu, etc.

Oţelurile cu titan. Au o structură fină, rezistenţă şi limită de elasticitate ridicată şi de asemenea rezilienţă ridicată. Titanul este utilizat ca adaos în oţelurile inoxidabile Cr-Ni pentru împiedicarea oxidării şi coroziunii intercristaline.

Oţelurile cu zirconiu. Prin faptul că prezintă o duritate mare la temperaturi ridicate, zirconiul este folosit îndeosebi ca adaos în oţelurile de scule pentru îmbunătăţirea proprietăţilor acestora.

O b s e r v a ţ i e . Deoarece oţelurile aliate cuaternare şi polinare sînt cuprinse de fapt în grupele de clasificare după criteriul "utilizare" în cele ce urmează aceste oţeluri sînt prezentate în cadrul acestor grupe.

5.4. Oţelurile aliate de construcţie

Sînt oţeluri care sînt destinate de a fi folosite pentru organe de maşini în stare tratată termic şi termochimic. Ele pot fi aliate cu unul sau mai multe elemente, funcţie de caracteristicile mecanice ce urmează a fi realizate şi de destinaţia oţelului. Oţelul carbon simplu prezintă un complex de proprietăţi mecanice destul de bune dar, uneori, în special la confecţionarea pieselor mai mari de 20-25 mm diametru, nu corespunde condiţiilor tehnice. In acest caz, se întrebuinţează oţelurile aliate.

Prezenţa elementelor de aliere permite folosirea mai completă şi într-o măsură mai deplină a influenţei pozitive a tratamentului termic asupra proprietăţilor mecanice ale oţelului.

Oţelurile aliate de construcţie sînt în general oţeluri slab aliate intrînd - cu excepţia oţelurilor manganoase austenitice - în clasa perlitică. Elementele de aliere le conferă o serie de proprietăţi superioare oţelurilor carbon, condiţionate îndeosebi de următorii factori principali :

a - Elementele de aliere măresc călibilitatea şi astfel se constată şi îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice pe secţiu-

nea piesei. Se pot căli în general în ulei.

b - Elementele de aliere îngreunează separarea carburilor la revenire. Tenacitatea creşte pe măsura creşterii temperaturii de revenire aproximativ în măsură egală la diferite oţeluri. Deci cu cît revenirea pentru obţinerea rezistenţei necesare este mai înaltă, cu atît este mai mare şi tenacitatea oţelului.

c - Elementele de aliere micşorează dimensiunile grăunţilor. Cu cît grăuntele este mai mic cu atît rezilienţa este mai mare şi tenacitatea este mai mare.

Toate elementele de aliere cu excepţia manganului micşorează dimensiunea grăuntelui de austenită. Cel mai intens influenţează elementele care formează în mod activ carburi (vanadiul, titanul, wolframul, molibdenul). De aceea multe oţeluri aliate de construcţie conţin aproximativ o,1% V sau Ti, care se adaugă mai ales pentru micşorarea dimensiunii grăunţilor.

d - Elementele de aliere se dizolvă în ferită şi astfel proprietăţile mecanice ale acesteia se modifică.

In general oţelurile aliate de construcţie prezintă un raport favorabil între rezistenţă şi rezilienţă ambele proprietăţi fiind ridicate. In această privinţă influenţa cea mai favorabilă o au cromul şi nichelul. Datorită faptului că oţelurile aliate conţin o cantitate mai mare de carburi decît oţelul carbon de construcţie, rezultă o rezistenţă şi duritate mărită. Au în general o limită de elasticitate ridicată şi o bună rezistenţă la oboseală.

Referindu-ne la alierea oţelurilor de construcţie se constată că alierea cu un singur element de aliere ca: mangan, crom, nichel etc., duce la îmbunătăţirea proprietăţilor oţelului. Alierea cu două elemente influenţează deosebit de favora-

rabil asupra măririi călibilităţii şi a proprietăţilor mecanice. Dintre combinaţiile cele mai bune pentru aliere amintim: Cr-Ni, Cr-Mn, Cr-V, Cr-Mo etc.

Pentru o îmbunătăţire superioară se aliază şi cu un al treilea element, care de obicei este un element care formează uşor carburi.

Scopul principal al celui de al treilea element introdus în cantitate limitată de zecimi de procente este de a îngreuna mai mult separarea carburilor la revenire şi de a mărunţi grăuntele.

De obicei oţelurile de construcţii cu trei elemente de aliere conţin : Cr-Ni-Mo, Cr-Ni-W, Cr-Mn-Mo, Cr-Mn-Ti, Cr-Mo-V etc.

Oţelurile aliate de construcţii în funcţie de conţinutul de carbon se împart în :

- oţeluri pentru cementare (cum sînt oţelurile cu Cr,Ni, Cr-Mo, Cr-Ni-Mo etc.) conţinînd între o-25% C.

- oţeluri de îmbunătăţire conţinînd între o,25 - o,45% C.

Oţelurile din prima categorie se întrebuinţează după cementare urmată de călire şi revenire la temperaturi joase.

Oţelurile din a doua categorie se utilizează fie după îmbunătăţire (adică după călire şi revenire înaltă), fie după călire urmată de revenire joasă.

In primul caz se urmăreşte obţinerea unei structuri sorbitice cu carburi globulare, structură ce asigură un raport optim între proprietăţile mecanice (rezistenţă şi rezilienţă maxime) : R=75 ... 12o daN/mm^2 KCU 3o/2=7-14 daJ/cm^2. Aceste oţeluri îmbunătăţite se utilizează pentru piese care trebuie să reziste la eforturi mari şi solicitări dinamice.

In al doilea caz, oţelurile obţin o structură martensi-

tică cu durităţi şi rezistenţe maxime însă cu rezilienţe scăzute (R=12o-2oo daN/cm^2; KCU 3o/2=3-7 daJ/cm^2). Oţelurile se utilizează uneori în această stare cînd se cere o rezistenţă mare şi este satisfăcătoare o rezilienţă mică.

5.4.1. Oţelurile aliate de construcţie cuaternare şi polinare

In construcţia de maşini şi utilaje în afară de oţelurile aliate de construcţie ternare, se utilizează în mare măsură oţelurile aliate cuaternare şi polinare datorită proprietăţilor mecanice pe care le prezintă. In continuare se prezintă tipurile mai importante din aceste categorii de oţeluri.

- Oţelurile Cr-Ni de construcţii sînt oţeluri slab aliate cu structură ferito-perlitică şi după conţinutul de carbon pot fi oţeluri de cementare sau de îmbunătăţire. Prin aliere cu crom şi nichel se influenţează foarte mult proprietăţile mecanice, datorită creşterii călibilităţii, a rezistenţei şi a tenacităţii bazei feritice. Aceste oţeluri depăşesc oţelurile crom şi oţelurile nichel, atît prin omogeneitatea proprietăţilor mecanice la piese de secţiuni mari, cît şi prin ansamblul rezistenţă şi tenacitate mari. Astfel oţelurile Cr-Ni corespund pentru piese solicitate în construcţia de maşini : arbori cotiţi, biele, roţi dinţate, axe şi cruci cardanice etc.

In aceste oţeluri raportul între conţinutul de crom şi nichel este aproximativ egal cu 1 la 3, diferitele mărci conţinînd între o,3 ... 1,7% Cr şi 1 ... 3,7% Ni. Neajunsul acestor oţeluri este că sînt scumpe, nichelul fiind deficitar şi aceste oţeluri prezintă fenomenul de fragilitate la revenire.

- Oţelurile Cr-Ni-Mo. Pentru împiedicarea fragilităţii de revenire la oţelurile Cr-Ni se adaugă o,15 ... o,4o% Mo, mă-

rindu-se astfel tenacitatea şi stabilitatea de revenire. De asemenea Mo înlătură pericolul de supraîncălzire la tratamente termice şi îmbunătăţeşte călibilitatea oţelului. Datorită acestor avantaje aceste oţeluri aliate de construcţii sînt extrem de valoroase şi pot fi folosite pentru fabricarea pieselor mari şi puternic solicitate.

- Oţelurile Cr-Ni-W. In aceste oţeluri wolframul are un rol analog cu molibdenul din oţelurile Cr-Ni-Mo avînd proprietăţi asemănătoare.

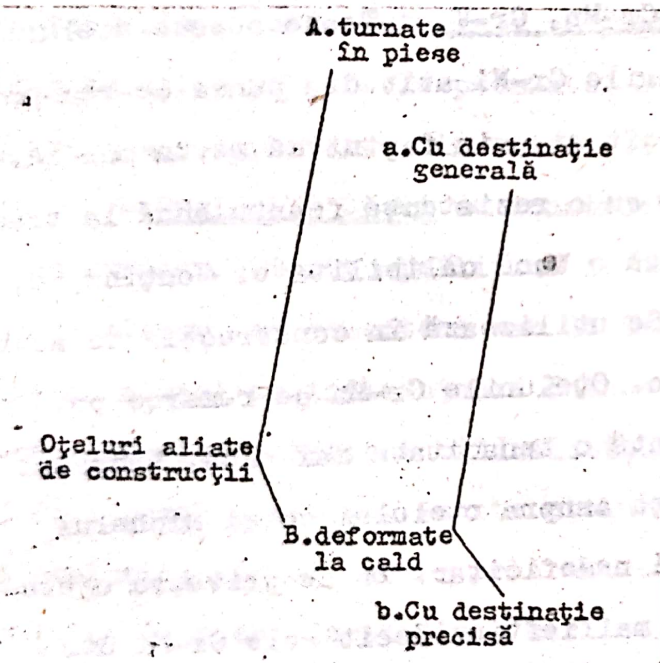
- Oţelurile Cr-Mo, Cr-Mn, Cr-V. Toate aceste oţeluri pot înlocui cu succes oţelurile Cr-Ni atît din punct de vedere al proprietăţilor mecanice cît şi prin faptul că revin mai ieftine.Astfel oţelurile Cr-Mo au o rezistenţă foarte bună la tracţiune şi oboseală şi prezintă o bună călibilitate. Conţin o,3%C, 1%Cr şi pînă la o,3%Mo. Se utilizează în construcţia de automobile, avioane, turbine etc. Oţelurile Cr-Mn se remarcă prin călibilitate bună dar prezintă o tenacitate mai mică. Mangarul are aproape aceeaşi influenţă asupra oţelului ca şi nichelul însă este mult mai ieftin şi nedeficitar. In ce priveşte oţelurile Cr-V de asemenea revin mai ieftine decît cele Cr-Ni deoarece elementele de aliere trebuie adăugate în proporţii mici (Cr pînă la 1,25% iar vanadiul între o,15 ... o,25%). Vanadiul influenţează în sensul micşorării structurii şi măririi elasticităţii oţelurilor, astfel că unele oţeluri din această categorie pot fi folosite şi pentru arcuri.

- Oţelurile Cr-Mn-Si. Sînt cunoscute sub denumirea de cromensil şi sînt folosite în locul oţelurilor Cr-Mo. Se remarcă prin proprietăţile mecanice foarte bune. Sînt mai ieftine datorită conţinutului de elemente nedeficitare. Menţionăm că în construcţia de maşini şi instalaţii datorită proprietăţilor mecanice corespunzătoare pe lîngă tipurile de oţeluri aliate ter-

nare şi polinare de construcţii amintite mai sus se întrebuinţează şi alte tipuri de oţeluri aliate de construcţie dintre care menţionăm: oţelurile Cr-Mn-Ti, Cr-Mo-V, Cr-Mn-Mo, Cr-Mo-Al, Cr-Ni-Mn-Si, Cr-Al şi altele.

5.4.2. Standardizarea şi simbolizarea oţelurilor aliate de construcţie

La noi în ţară oţelurile aliate de construcţie sînt standardizate. După modul lor de prelucrare şi destinaţie ţinînd seama de STAS R 4400-68 pot fi grupate în felul următor :



- Oţel aliat pentru construcţii de maşini turnat în piese (STAS 1773-67)
- Oţeluri aliate şi oţeluri aliate superioare pentru construcţii de maşini (STAS 791-66)
- Oţeluri pentru arcuri (STAS 795-71)
- Oţeluri pentru automate (STAS 1350-67)
- Oţeluri pentru rulmenţi; mărci şi condiţii tehnice (STAS 1456/1-75)
- Table pentru recipiente sub presiune la temperatura normală şi la temperatura joasă (STAS 2883/2-70)
- Idem la temperaturi ridicate (STAS 2883/3-70)
- Oţeluri pentru ţevi destinate industriei petroliere (STAS 8185-68)
- Oţeluri pentru ţevi de cazane şi cuptoare (STAS 8184-68)
- Oţel beton (STAS 438/1,2-74)
- Tablă pentru construcţii navale (STAS 8324-74)
- Table pentru construcţii metalice sudate din oţel cu granulaţie fină (STAS 9021-71)
- Tablă silicioasă pentru maşini rotative electrice (STAS 673-67)
- Tagle şi bare pentru autovehicule şi tractoare (STAS 8580-74)

In cele ce urmează se vor prezenta aceste grupe de oţeluri în legătură cu standardele respective scoţînd în evidenţă în deosebi caracteristicile lor, domeniile de utilizare şi simbolizările lor.

A. Oţel aliat pentru construcţii de maşini turnat în piese (STAS 1773-67)

Aceste oţeluri sînt folosite pentru obţinerea pieselor turnate a căror utilizare impune caracteristici fizico-mecanice superioare celor ce se pot obţine cu oţelurile carbon.

Notarea oţelurilor aliate pentru construcţia de maşini turnate în piese se face printr-un simbol format din litere şi cifre care au următoarele semnificaţii:

- litera T de la începutul simbolului indică starea turnată;

- primele cifre care urmează după litera T indică, în sutimi, procentul mediu de carbon;

- cifrele de la sfîrşitul simbolului indică, în zecimi de procente, conţinutul mediu al elementului principal de aliere (ultima literă din simbol).

Simbolurile elementelor de aliere sînt înscrise în ordinea crescîndă a conţinutului sau a importanţei lor din oţelul respectiv. Semnificaţia literelor (valabilă şi pentru celelalte oţeluri aliate de construcţie, de scule şi cu proprietăţi speciale) este următoarea:

M=mangan	V=vanadiu	Cu=cupru
C=crom	S=siliciu	T =titan
N=nichel	Mo=molibden	B =bor
	A=aluminiu	Nb=niobiu
		Az=azot

Exemple: T 3o MoCN 14 este un oţel aliat de construcţie turnat în piese Ni-Cr-Mo cu un conţinut mediu de o,3o% C şi 1,4% Ni.

Standardul cuprinde 13 mărci de oţeluri. Menţionăm cîteva mărci mai importante dintre aceste oţeluri: T 2o M 14; T 4o M 11; T 3o SM 12; T 35 SCM 11; T 3o MoCN 14; T 4oTCN 17; T 4o MN o7; T 4o C o9; T 4o CN 12 şi altele.

Pentru toate aceste mărci de oţeluri, în standard se indică condiţiile tehnice privind compoziţia chimică şi caracteristicile mecanice după tratamentul termic la care trebuie să corespundă. Se indică de asemenea temperaturile recomandate pentru tratamentul termic ce se va aplica pieselor turnate. Standardul cuprinde de asemenea indicaţii privind: forma, dimensiunile, starea de livrare şi aspectul pieselor turnate, reguli pentru verificarea calităţii pieselor turnate, marcare etc. In tabela 5.2. se prezintă pentru informare limitele între care variază proprietăţile mecanice minime ale oţelurilor aliate pentru construcţii de maşini turnate în piese standardizate, după tratamente termice.

- Tabela 5.2 -

Denumirea grupei de oţeluri, numărul standardului şi starea oţelului.	Numărul mărcilor de oţel standardizate	Rezistenţa la tracţiune R daN/mm^2	Limita de curgere daN/mm^2	Alungirea la rupere %	Gîtuire la rupere %	Rezilienţă KCU/2 daJ/cm^2
Oţeluri aliate de construcţii de maşini turnate în piese STAS 1773-67 după călire şi revenire înaltă	13	6o-1oo	35-8o	14-8	3o-2o	5-3
Idem după normalizare şi revenire		55-8o	3o-65	18-12	25-2o	5-3

B. Oţeluri aliate de construcţii deformate la cald

a. Oţeluri cu destinaţie generală

- Oţeluri aliate şi oţeluri aliate superioare pentru construcţia de maşini (STAS 791-66)

In acest standard sînt stabilite mărcile de oţeluri aliate şi aliate superioare prelucrate prin deformare plastică la cald a lingourilor sub formă de produse ca: semifabricate, bare forjate şi laminate finite folosite în stare tratată termic sau termochimic, în construcţia de maşini.

Notarea acestor oţeluri se face în mod analog cu cele folosite pentru oţelurile aliate de construcţie turnate în piese cu aceeaşi semnificaţie a cifrelor şi literelor, cu deosebirea că dispare litera T de la începutul simbolului.

In cazul oţelurilor superioare aliate la simbolul mărcii se adaugă şi litera X .

La oţelurile carbon şi aliate livrate în stare cojită la sfîrşitul simbolului mărcii se adaugă cifra romană I . Oţelurile livrate în stare necojită nu se marchează în mod special.

Exemple: 15 C o8 înseamnă oţel aliat cu crom cu circa o,15% C şi circa o,8o% Cr necojit; 18 MoCN 13 X I înseamnă oţel aliat superior Ni-Cr-Mo cu circa o,18% C şi cca 1,3% nichel cojit.

Standardul cuprinde 48 de mărci de oţeluri aliate din care 16 mărci sînt oţeluri de cementare şi 32 de mărci oţeluri de îmbunătăţire.

Menţionăm cîteva mărci de oţeluri mai importante pentru cementare: oţeluri crom 15 C o8; oţeluri crom-nichel 13 CN 3o; 15 CN 15; oţeluri crom-nichel-molibden 18 MoCN o6; 18 MoCN 13; oţeluri crom-mangan 18 MC lo; oţeluri crom-mangan-

titan 21 TMC 12; 28 TMC 12; oţeluri crom-mangan-molibden 15 MoMC 12 şi altele.

Dintre oţelurile aliate pentru îmbunătăţire amintim următoarele mărci de oţeluri mai importante: oţeluri crom 40 C 10; oţeluri mangan 35 M 16; 65 M 10; oţeluri mangan siliciu 35 MS 12; oţeluri crom-siliciu 38 SC 15; oţeluri crom vanadiu 50 VC 11; oţeluri crom molibden 33 MoC 11; 41 MoC 11; oţeluri crom-nichel 41 CN 12; oţeluri crom-nichel-molibden 36 MoCN 10; 34 MoCN 15; 30 MoCN 20; oţeluri crom-molibden-aluminiu 38 MoCA 09; oţeluri crom-molibden-vanadiu 41 VMoC 17 şi altele.

Pentru toate aceste mărci de oţeluri în standard sînt date compoziţiile chimice, caracteristicile mecanice după tratamente termice şi termochimice, date orientative privind deformarea plastică la cald şi tratamente termice şi termochimice, marcare şi indicaţii de utilizare în legătură cu dimensiunea produsului în mm, funcţie de σ_{02}, etc.

In tabela 5.3 se prezintă limitele între care variază proprietăţile mecanice minime ale oţelurilor pentru construcţii de maşini standardizate după tratamente termice.

- Tabela 5.3 -

Denumirea grupei de oţeluri numărul standardului şi starea oţelului.	Numărul mărcilor standardizate	Rezistenţa la tracţiune daN/mm^2	Limita de curgere daN/mm^2	Alungirea ruperea %	Gîtuirea la rupere %	Rezilienţa KCU 30/2 daJ/cm^2	Duritatea Brinell HB
Oţeluri aliate pentru construcţii de maşini STAS 791-66. Oţeluri de cementare după călire şi revenire joasă.	48	65-130	45-110	13-8	50-40	10-6	în stare recoaptă 179-220
Idem Oţeluri de îmbunătăţire după călire şi revenire înaltă.		70-120	50-100	15-10	50-45	9-6	în stare recoaptă 207-235

B. Oţeluri aliate de construcţii deformate la cald

b. Oţeluri cu destinaţie precisă

- Oţeluri pentru arcuri (STAS 795-71)

Din cele 13 mărci de oţeluri pentru arcuri, 7 sînt oţeluri aliate şi ele au fost prezentate în partea I a cursului (vezi cap.3.5.3.4 pag.433). Proprietăţile mecanice minime ale oţelurilor pentru arcuri, standardizate, după tratamente termice variază între limitele: R=1oo-16o daN/mm^2; σ_0 = 8o-14o GaN/mm ; Alungirea la rupere 1o-6%; Gîtuirea la rupere = 45-25; HB=255-3o2.

- Oţeluri pentru automate (STAS 135o-67)

Standardul cuprinde 7 mărci de oţel din care marca AUT 4o M este oţel slab aliat iar mărcile AUT 12 M; AUT 2o M şi AUT 3o cînd depăşesc o,9o% Mn pot fi de asemenea considerate oţeluri slab aliate. Aceste oţeluri au fost prezentate în partea I a cursului (vezi cap.3.5.3.4 pag.43o).

- Oţeluri pentru rulmenţi; mărci şi condiţii tehnice (STAS 1456/1-75)

Oţelurile pentru rulmenţi se elaborează în cuptoare electrice sau în cuptoare Martin acide.Sînt două mărci de oţeluri de rulmenţi standardizate:RUL 1 şi RUL 2. Primul este un oţel cu crom (1,3o..1,65% Cr) şi al doilea un oţel Cr-Mn (1,3o..1,65% Cr şi o,9o ... 1,2o Mn). Ambele sînt oţeluri hipereutectoide (o,95 ... ... 1,o5% C). In standard se dau date privind starea de livrare, regimurile de temperatură pentru deformarea plastică la cald şi pentru tratamentul termic, aspect, structură, caracteristici mecanice şi tehnologice, reguli pentru verificarea calităţii, marcare, livrare, ambalare, documente etc.

Duritatea Brinell pentru oţelurile de rulmenţi în stare recoaptă este:

- pentru oţelul RUL 1 . . . max. 207 HB ;
- pentru oţelul RUL 2 . . . max. 217 HB ;

Oţelurile pentru rulmenţi trebuie să prezinte o călibilitate suficientă, astfel ele se livrează cu garantarea călibilităţii. Drept criteriu al călibilităţii se ia distanţa minimă de la capătul probei călite frontal care are duritatea de minimum 61 HRC.

Distanţa minimă va fi: 6 mm pentru oţelul RUL 1;13,5 mm pentru oţelul RUL 2.

Se observă că prin mărirea conţinutului de mangan creşte călibilitatea.

- Table pentru recipiente sub presiune la temperatura normală şi joasă. (STAS 2883/2-70)

Standardul cuprinde 4 mărci de oţeluri notate cu simbolul R1, R2, R3 şi R4. Dintre acestea R1 este oţel carbon şi celelalte oţeluri slab aliate cu mangan. Aceste oţeluri au fost prezentate în partea I a cursului (vezi cap. 3.5.3.4 pag.431-432).

- Table pentru recipiente sub presiune la temperaturi ridicate (STAS 2883/3-70)

Din cele 8 mărci de oţeluri standardizate şi simbolizate cu: K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7 şi K8 numai ultimele 4 mărci sînt aliate. Astfel marca K5 şi K6 sînt oţeluri slab aliate cu mangan; K7 este oţel aliat cu molibden; K8 oţel aliat cu crom-molibden. Date în legătură cu compoziţia chimică, caracteristici mecanice de rezistenţă şi tehnologice, caracteristici fizice, indicaţii orientative asupra temperaturilor pentru deformarea plastică la cald şi tratamente termice sînt date în standard. Unele date asupra acestor oţeluri au fost prezentate şi în partea I-a a cursului (vezi cap. 3.5.3.4. pag.431-432 .

- Oteluri pentru tevi destinate industriei petroliere (STAS 8185-68)

Din cele 7 mărci de oţeluri standardizate 3 sînt oţeluri slab aliate şi ele au fost prezentate în partea I-a a cursului (vezi cap.3.5.3.4 pag. 433).

- Oţelurile pentru tevi de cazane şi cuptoare (STAS 8184-68)

Din cele 7 mărci de oţeluri standardizate 5 sînt oţeluri aliate. Notarea acestor oţeluri se face conform STAS 7450-66 în funcţie de conţinutul mediu de carbon şi cel al elementelor de aliere. Cele 5 mărci sînt: 16 Mo 3; 14 CMo 4; 12 CMoV 3 ; 10 CMo 10 ; 10 MoC 50 .

In ce priveşte cele două mărci de oţeluri carbon (OLT 35 K şi OLT 45 K) au fost prezentate în partea I-a a cursului (vezi cap. 3.5.3.4. pag. 433).

In standard sînt prezentate date în legătură cu compoziţia chimică, caracteristicile mecanice, tratamente termice, caracteristici fizice, limite tehnice de fluaj etc.

- Otel beton (STAS 438/1,2 - 74)

Din cele 6 mărci de oţeluri 3 mărci sînt din oţel carbon şi au fost prezentate în partea I-a a cursului (vezi cap. 3.5.3.4. pag. 435). Celelalte 3 mărci de oţel beton sînt oţeluri aliate pentru construcţii : 10 N 14 (tip PC 52) 23 SM 11 (tip PC 60) şi 65 SM 11 (tip PC 90).

Sînt folosite pentru beton precomprimat de unde provine notaţia tipului de oţel PC. Cele două cifre după PC indică rezistenţa minimă la rupere în daN/mm^2. In standard se dau date privind compoziţia chimică, caracteristici mecanice etc.

- Tablă pentru construcţii navale (STAS 8324-74)

Tablele pentru construcţii navale se laminează din oţe-

luri carbon şi slab aliate.Sînt standardizate 6 mărci de oţeluri notate cu simbolul N urmat de cifre arabe şi litere după cum urmează: N1, N2, N3, N4 - A, N4-B şi N5; din acestea N1 este oţel carbon iar celelalte 5 mărci sînt oţeluri slab aliate după cum urmează: N2, oţel cu mangan ; N3, N4-A şi N4-B sînt oţeluri mangan-siliciu; N5 oţel cu siliciu .

In standard se dau date asupra acestor oţeluri privind compoziţia chimică, caracteristici mecanice, caracteristici metalografice, stare de livrare, reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare şi încercare, marcare etc.

Table pentru construcţii metalice sudate din oţel cu granulaţie fină (STAS 9021-71)

Standardul se referă la oţelurile cu granulaţie fină şi limită de curgere ridicată livrate sub formă de table groase folosite în construcţii metalice sudate ca de exemplu: poduri de şosea şi cale ferată, piloni, recipiente sub presiune, poduri rulante, utilaj feroviar, construcţii hidrotehnice, construcţii navale, hale industriale etc. Aceste oţeluri sînt calmate şi se caracterizează printr-o rezistenţă ridicată faţă de ruperea fragilă. Prin prescrierea conţinutului de elemente adiţionale şi prin limitarea conţinutului maxim de carbon la 0,18 - 0,20% se asigură o bună comportare la sudare a oţelului, concomitent cu garantarea valorii minime a limitei de curgere.

Notarea acestor oţeluri se face prin simbolul OCS, oţel pentru construcţii metalice sudate, urmat de numărul de ordine al mărcii respective. Sînt standardizate trei mărci de oţeluri şi anume:

- OCS 1 pentru table cu grosimi 6-16 mm
- OCS 2 pentru table cu grosimi 6-30 mm
- OCS 3 pentru table cu grosimi 6-35 mm

toate fiind oţeluri aliate şi slab aliate. Astfel : OCS 1 este un oţel aliat mediu cu mangan-vanadiu-crom-cupru; OCS 2 şi OCS 3 sînt oţeluri aliate mediu cu mangan-vanadiu.

In standard se dau date privind compoziţia lor chimică, caracteristici mecanice, caracteristici tehnologice, reguli pentru verificarea calităţii, marcare, livrare, documentare, reguli tehnice generale şi tratament termic.

- Tablă silicioasă pentru maşini rotative electrice (STAS 673-67)

Standardul se referă la tablele laminate la cald din oţel silicios, folosite la construcţia părţii active a circuitului magnetic în construcţia maşinilor electrice rotative, electromagneţilor şi a altor aparate electrice.

După gradul de aliere cu siliciu şi caracteristicile magnetice tabla silicioasă se clasifică în următoarele calităţi de material :

- E I-3,5
- E II-3,o; E II-2,6
- E III-2,1; E III-2,2; E III-2,o

în care litera şi cifrele reprezintă :

- E - electrotehnică
- cifrele romane - gradul de aliere cu Si :

I - siliciu sub 1%
II - siliciu 1-2%
III - siliciu peste 2%

- cifrele arabe indică valorile pierderilor la magnetizare în cicluri, în W/kg, la un cîmp magnetic alternativ de 5o Hz pentru valoarea de vîrf a inducţiei de 1 Wb/m^2 .

In standard se dau date în legătură cu aceste oţeluri privind compoziţia chimică, caracteristici magnetice şi tehno-

logice, stare de livrare a tablei silicioase, reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare şi încercare, modul de livrare, ambalare, marcare, documente transport şi depozitare.

Menţionăm că tabla silicioasă este cel mai întrebuinţat material magnetic moale în electrotehnică pentru construcţia circuitelor magnetice (motoare, generatoare, transformatoare, mecanisme electromagnetice, aparate de măsurat, transformatoare pentru aparate de radio şi televizoare, diferite aparate pentru telecomunicaţii etc). Tabla silicioasă este laminată de obicei la grosimea de o,35 - o,5 mm în vederea uşurării ştanţării sau tăierii cu foarfece ghilotină şi pentru reducerea pierderilor prin curenţi Foucault. Tabla mai subţire între o,o5 şi o,2 mm se utilizează pentru frecvenţe înalte. Pentru construcţia transformatoarelor se folosesc table subţiri, cu un procent mare de siliciu ca pierderile să fie cît mai reduse. Conţinutul de cca 4,5% Si nu se poate în general depăşi deoarece materialul devine casant şi nu se mai poate prelucra.

La ştanţare şi tăiere proprietăţile magnetice ale tablelor silicioase scad în zona deformărilor din cauza tensiunilor mecanice produse de aceste prelucrări.

Pentru înlăturarea acestor tensiuni interne,după tăiere sau ştanţare, tablele tăiate trebuie supuse unei recoaceri la cca 72o-78o°C timp de 1-1,5 ore, urmată de o răcire lentă în cuptor pînă la 2oo-25o°C, după care răcirea se face în aer liber.

- Tagle şi bare pentru autovehicule şi tractoare

(STAS 858o-74)

Unele date privind aceste oţeluri au fost prezentate în partea I-a a cursului (vezi cap.3.5.3.4 pag. 434), Compoziţia chimică a oţelurilor aliate de construcţii folosite în

acest scop vor corespunde următoarelor mărci din STAS 791-66:

4o BC 1o; 21 TMC 12; 28 TMC 12; 5o VC 11; 33 MoC 11; 41 MoC 11; 13 CN 3o; 15 CN 15; 18 MoCN 13; 34 MoCN 15; 3o MoCN 2o; 21 MoCN 2o; 21 MoMC 12; 35 C 1o; 35 CMS 13.

Notarea acestor oţeluri se face prin simbolul corespunzător mărcii respective din STAS 791-66 urmat de literele AT, iar în cazul livrării în stare cojită şi de cifra romană I .

In standard se dau date în legătură cu aceste oţeluri privind călibilitatea, caracteristici metalografice, stare de livrare, aspect, reguli pentru verificarea calităţii, marcare, livrare etc.

5.4.3. Oţeluri aliate pentru construcţii folosite în construcţia de maşini textile

Pe lîngă oţelurile carbon obişnuite, de calitate şi superioare, la confecţionarea diferitelor repere de la maşinile textile, se folosesc frecvent şi numeroase mărci de oţeluri aliate de construcţii care prin proprietăţile lor corespund cerinţelor de exploatare. Astfel pentru exemplificare menţionăm cîteva din mărcile de oţeluri de construcţii slab şi medii aliate standardizate, folosite la confecţionarea de diferite repere de la "Război automat de ţesut, L5 Principe, Cfficine Galileo" fabricate la IMATEX Tg.Mureş.

- 21 MoMC 12, pentru confecţionarea reperului "cot" de la subansamblul "Lansarea suveicii". De asemenea se foloseşte pentru confecţionarea de bolţuri, tijă şi roată dinţată de la amortizorul hidraulic.
- 41 MoC 11, pentru confecţionarea reperului "dinte" de la subansamblul "mecanismul de schimbare automat" şi pentru "cuplaj" la mecanismul de căutare a firului. De asemenea se foloseşte şi pentru confecţionarea de bolţuri, bucşă excentrică,

bucşă de fixare, şurub de fixare etc.

- 15 CN 15, pentru confecţionarea de axe ;
- 3o MoCN 2o pentru contrapinten ;
- T 2o M 14 pentru confecţionarea de microfuse ;
- Arc 3 (oţel Mn-Si) pentru confecţionarea de arc elicoidal de compresie şi lame pentru amortizorul hidraulic, pipăitor etc ;
- RUL 2 pentru confecţionarea de role etc.

5.5. Oţeluri aliate pentru scule

Aceste oţeluri aliate sînt de calitate superioară, elaborate îngrijit şi sînt folosite pentru fabricarea sculelor. Numeroasele tipuri de scule după destinaţia lor pot fi împărţite în trei mari categorii:

- scule de aşchiere (cuţite de strung, freze, burghii, alezoare, tarozi, pile, pînză de fierăstrău etc) .
- scule de lovire sau presare (matriţe pentru deformarea plastică la cald sau rece, filiere, poansoane pentru ambutisare etc).
- scule de măsurare (instrumente, şublere, micrometre etc).

Condiţiile de funcţionare ale diferitelor feluri de scule se deosebesc esenţial unele de altele, ceea ce determină necesitatea întrebuinţării pentru fiecare categorie de scule, a unor calităţi speciale de oţeluri care să corespundă mai bine prin proprietăţile lor condiţiilor de lucru. Astfel oţelurile din care se confecţionează diferite scule în special cele pentru aşchiere trebuie să prezinte următoarele proprietăţi mai importante:

- duritate mare (peste 6o HRC) şi rezilienţă suficientă, pentru a se putea realiza aşchierea şi pentru a rezista la şocuri;

- rezistentă mare la uzură, care să asigure o durată lungă de menţinere a muchiei tăietoare în condiţiile de frecare între sculă şi piesa care se prelucrează la mari presiuni specifice. In cazul oţelurilor aliate de scule, rezistenţa la uzură este mult mărită de prezenţa carburilor dure a elementelor de aliere ca W, Cr, V, Mo etc., alături de martensită;

- stabilitate la temperaturi înalte, adică menţinerea durităţii, respectiv a capacităţii de tăiere la temperaturi cît mai mari. Această proprietate se poate realiza prin alierea oţelului cu elemente, ale căror carburi au un grad mare de stabilitate, cum sînt: W, V, Cr, Mo,etc. Oţeluri bogat aliate cu aceste elemente (oţeluri rapide), au o stabilitate chiar pînă la 55o ... 6oo°C. Menţionăm că aliajele dure sinterizate au o stabilitate pînă la cca.1ooo°C.

In ce priveşte oţelurile pentru scule de lovire sau presare şi în special cele pentru matriţele care lucrează la cald trebuie să prezinte o rezistenţă ridicată la uzură la cald şi o tenacitate suficientă, să suporte încălziri multe şi repetate fără să se producă arderea şi crăpături de suprafaţă şi să prezinte o călibilitate mare mai ales în cazul matriţelor mari.

Oţelurile pentru scule de măsurare trebuie să prezinte aceleaşi proprietăţi ca şi cele destinate confecţionării sculelor aşchietoare, însă trebuie să prezinte o rezistenţă la uzură maximă şi să prezinte în timp stabilitate dimensională.

Pentru obţinerea proprietăţilor cerute, arătate mai sus, oţelurile aliate pentru scule trebuie să aibă un conţinut ridicat de carbon şi să fie aliate cu elemente care formează carburi dure şi stabile, ca : W, V, Cr, Mo, etc. şi uneori cu elemente care măresc călibilitatea cum sînt: Mn şi Co.

Oţelurile aliate de scule din care se confecţionează marea varietate de scule şi instrumente de măsurare după standardizarea noastră (vezi STAS 3611-66, oţeluri aliate de scule) se clasifică după criteriul proprietăţi şi destinaţiei în următoarele categorii:

- oţeluri pentru scule aşchietoare şi aparate de măsurat:
  - cu adîncime de călire mică,
  - cu adîncime de călire mare
- oţeluri pentru scule de deformare şi scule pneumatice:
  - pentru deformare la rece
  - pentru deformare la cald
  - pentru scule pneumatice.

5.5.1. Oţeluri aliate pentru scule aşchietoare şi aparate de măsurat

Aceste oţeluri în funcţie de gradul de aliere şi condiţiile de lucru admisibile pot fi împărţite în două clase şi anume:

a) - oţeluri slab aliate, conţinînd de obicei 1-2% şi în cazuri speciale pînă la 6% elemente de aliere, întrebuinţat pentru scule care lucrează în condiţii relativ uşoare de aşchiere, cînd temperatura limită nu trece de 200-220°C.

b) - oţeluri bogat aliate care conţin de obicei 15-25% elemente de aliere, folosite pentru scule care lucrează în condiţii de aşchiere grele, cînd temperatura poate urca în timpul prelucrării pînă la 500-600°C.

Mărcile de oţel aliat pentru scule se notează printr-un simbol format din litere şi cifre. Literele indică elementele de aliere ca şi în cazul oţelurilor aliate de construcţie, iar cifrele de la sfîrşit indică, în zecimi de procente, conţinu-

tul mediu al elementului principal de aliere indicat de ultima literă din simbol.

Exemple: CVW 1o reprezintă un oţel cu wolfram-vanadiu-crom pentru scule aşchietoare cu un conţinut mediu de 1,o% W.

a. Oţeluri slab aliate de scule aşchietoare

Aceste oţeluri au călibilitatea şi rezistenţa la uzură mai mari decît oţelurile carbon pentru scule. Această îmbunătăţire se realizează prin alierea oţelului cu cantităţi mici de elemente de aliere îndeosebi Cr în cantitate de 1 ... 3% ; W pînă la 5%; V pînă la o,3%; Si pînă la 1,6% şi Mn pînă la 1,9%.

Prin faptul că au o călibilitate mare, sculele din aceste oţeluri se pot căli în ulei astfel se evită pericolul de deformări mari şi crăpături în cazul sculelor cu secţiuni mari şi de forme complicate. De asemenea datorită faptului că în structură după tratament termic alături de martensită conţin şi o cantitate mai mare de carburi au o rezistenţă la uzură îmbunătăţită. In ce priveşte stabilitatea la temperaturi ridicate este scăzută situîndu-se aproximativ la nivelul stabilităţii oţelurilor de scule carbon. Din punct de vedere al conţinutului de carbon aceste oţeluri sînt hipereutectoide (o,8 ... 1,45% C) ceea ce permite realizarea de durităţi ridicate după tratamente termice (cca 62 HRC).

In STAS 3611-66 sînt standardizate următoarele 9 mărci de oţeluri aliate pentru scule aşchietoare şi aparate de măsurat care practic pot fi considerate ca oţeluri de scule slab aliate:

a. cu adîncime de călire mică: VC o6; CVW 1o; CVW 5o .

b. cu adîncime de călire mare: C 15; C6 14; MCW 14; VM 18; VSCW9 ; VWC 5o.

Dintre aceste oţeluri se remarcă prin stabilitate di-

mensională mărcile C 15 folosit pentru aparate de măsurat, alezoare, freze poansoane, ştanţe, etc. şi VM 18 folosit pentru scule nedeformabile de precizie, filiere, calibre, şabloane, matriţe şi ştanţe la rece etc.

De asemenea oţelul crom-siliciu CS 14 se remarcă printr-o bună călibilitate şi se deformează puţin la călire. Este folosit la confecţionarea de burghie, tarozi, bacuri de filieră, freze, poansoane pentru lucru la rece, etc.

Tot în categoria oţelurilor de scule aşchietoare slab aliate intră şi oţelurile pentru pile standardizate prin STAS 1669/1-68. Din cele 6 mărci standardizate 4 sînt oţeluri carbon şi 2 sînt oţeluri aliate cu crom: OSP 1o Cr şi OSP 15 Cr. Acestea conţin: o,9o ... 1,2o% Cr, respectiv o,6o ... o,9o% Cr. Unele date privind aceste oţeluri au fost prezentate în partea I a cursului (vezi cap. 3.5.3.4 pag. 436)

b. <u>Oţeluri bogat aliate pentru scule aşchietoare</u>

In această categorie de oţeluri intră în primul rînd oţelurile rapide care sînt standardizate la noi în ţară. Ţinînd seama de importanţa utilizării lor aceste oţeluri sînt prezentate aparte în subcap.5.6.

Alte oţeluri bogat aliate folosite uneori pentru scule aşchietoare care pot fi luate în considerare sînt <u>oţeluri bogat aliate cu crom</u> cu 11-13% Cr. Acestea conţin în structură o mare cantitate de carburi de crom şi fac parte din clasa oţelurilor, ledeburitice. Se remarcă printr-o deosebită rezistenţă la uzură. La noi prin acelaşi STAS 3611-66 sînt standardizate două mărci de oţeluri bogat aliate cu crom şi anume: oţelul C 12o cu conţinut mediu de 12% Cr care corespunde oţelului sovietic H12 şi oţelului Poldi 2oo2 din Cehoslovacia şi marca VMoC 12o cu adaos de molibden şi vanadiu, elemente care ridică

rezistenţa la temperaturi ridicate. Oţelul C 12o după o călire de la 93o - 96o°C în ulei sau aer urmat de o revenire joasă la 21o ... 23o°C dobîndeşte o duritate de 6o ... 63 HRC. La revenire la temperaturi mai ridicate(42o-44o°C)se obţine o duritate mai mică (cca 54 ... 58 HRC) în schimb se obţine o tenacitate mare. Aceste mărci de oţeluri, cu toate că în standard sînt trecute la grupa oţeluri pentru scule de deformare la rece, conform indicaţiilor aceluiaşi standard se utilizează pentru scule nedeformabile şi foarte rezistente la uzură, ca scule aşchietoare (freze, broşe, tarori etc), matriţe şi ştanţe pentru prelucrarea la rece, filiere, mandrine, instrumente de măsurat şi altele. Se menţionează faptul că oţelul C 12o nu se recomandă pentru scule care lucrează la şocuri. Oţelul VMoC 12o se remarcă printr-o tenacitate mai ridicată.

5.5.2. Oteluri pentru scule de deformare şi scule pneumatice

Una din metodele de prelucrare a metalelor prin deformare este matriţarea iar sculele folosite sînt matriţele. Matriţele se împart în trei grupe :

a. pentru deformare la rece (găurire, tăiere, îndoire, ambutisare etc.)

b. pentru deformare la cald (matriţe de forjare, tăiere, îndoire, calibrare etc.)

c. matriţe sau mai exact forme metalice sau cochile folosite pentru turnarea obişnuită sau turnarea sub presiune.

a. Oteluri pentru scule de deformare la rece

Principalele tipuri de scule de acest gen sînt diferitele matriţe amintite, poansoanele de perforare a găurilor, filierele pentru trefilarea sîrmei etc. Aceste scule în func-

ţie de condiţiile de lucru trebuie să aibă următoarele proprietăţi: duritate mare, rezistenţă mare la uzură şi tenacitate suficientă. Pentru majoritatea sculelor indicate se foloseşte de obicei oţelul carbon slab aliat, cu o,9 - 1,2% C tratat prin călire şi revenire joasă. Uneori pentru mărirea rezistenţei la uzură suprafaţa de lucru a sculei de matriţare se cromează electrolitic. Pentru sculele care trebuie să fie foarte rezistente la uzură se întrebuinţează oţeluri bogat aliate din clasa ledeburitică, ca de exemplu, oţeluri crom cu conţinut ridicat de crom (11,5 - 13%) sau crom-molibden, ambele oţeluri avînd conţinuturi ridicate de carbon (1,5 - 2,3%).

b. Oţeluri pentru scule de deformare la cald

Tipul principal de scule pentru deformarea metalului la cald este matriţa. In funcţie de condiţiile de lucru, oţelul pentru matriţe trebuie să prezinte următoarele calităţi : rezistenţă mare, tenacitate şi rezistenţă la uzură la temperaturile înalte de lucru. In mod deosebit aceste oţeluri necesită o limită de curgere ridicată pentru ca matriţa să nu se deformeze la presiuni mari. Oţelul trebuie să suporte încălziri multe şi repetate, fără să se producă arderea sau fisurarea suprafeţelor de lucru. Trebuie de asemenea să aibă o călibilitate mare mai ales pentru confecţionarea matriţelor mari.

Datorită condiţiilor numeroase şi variate pe care trebuie să le satisfacă matriţele şi în funcţie de întrebuinţarea lor se folosesc diferite calităţi de oţeluri, de la oţeluri carbon obişnuite, pînă la cele complex aliate. Pentru condiţii de lucru uşoare se poate utiliza cu succes chiar oţelul carbon obişnuit cu conţinutul de carbon între o,6 - 1% . In cazul unor condiţii de lucru mai dificile este necesară întrebuinţarea oţelului aliat. Pentru toate oţelurile aliate de matriţe este

caracteristic un conţinut scăzut de carbon, de obicei o,25 ... o,6o%, pentru ca oţelul să-şi păstreze o rezilienţă la un nivel ridicat. Elementul principal de aliere de obicei este cromul adăugat în diferite proporţii (pînă la max.9,o%). In diferitele mărci de oţeluri aliate polinare se mai adaugă şi alte elemente ca: Ni pînă la 4,5 la sută pentru mărirea călibilităţii, W între o,5 ... 9,o%, V pînă la o,5% pentru mărirea călibilităţii, rezistenţei la uzură, şi a stabilităţii la temperaturi înalte, Mo pînă la o,6% pentru micşorarea tendinţei de fragilitate la revenire, Si pînă la 1,1% pentru micşorarea arderii matriţelor.

Tratamentul termic al matriţelor constă în călire şi revenire înaltă la 5oo - 6oo° pentru structură sorbitică.

c. Oţeluri pentru forme metalice de turnare a metalelor

In general se utilizează oţeluri aliate de calitate superioară care să reziste la solicitările grele din timpul turnărilor, la tensiunile termice, la acţiunea chimică corozivă a metalului topit etc. Dintre mărcile de oţeluri standardizate folosite în acest scop menţionăm: VCW 85 pentru cochilii pentru turnat metale şi aliaje neferoase; WC 8o pentru cochilii pentru turnare sub presiune a aliajelor neferoase; VSCW 2o , matriţe pentru turnarea sub presiune a aliajelor neferoase pe bază de aluminiu şi magneziu.

In STAS 3611-66 sînt standardizate 16 mărci de oţeluri pentru scule de deformare şi scule pneumatice după cum urmează:

a) pentru deformare la rece: VMoC 15; VWC 62; VMoC 12o; C 12o.
b) pentru deformare la cald: VCW 85; WC 8o; VSW 45; MoCN 17; MoCM 14; MoSMC 2o; MoSC 3o; WCN 4o .
c) pentru scule pneumatice: VN o6; VSC 13; VSCW 2o; în standarde se dau date privind compoziţia chimică, caracteristici

mecanice,metalografice,stare de livrare,aspect,reguli pentru verificarea calităţii, indicaţii privind utilizarea acestor mărci de oţeluri, marcare, livrare, ambalare şi altele.

O altă categorie de oţeluri (carbon şi aliate) pentru scule standardizate la noi în ţară sînt: Oţeluri pentru scule destinate prelucrării materialelor nemetalice (STAS 1699-66). Unele date în legătură cu aceste oţeluri au fost date în partea I a cursului (vezi subcapitolul 3.5.3:4. pag.436). Dintre cele 5 mărci de oţeluri standardizate două sînt aliate şi anume: OSL 4 şi OSL 5. Ambele sînt oţeluri înalt aliate cu crom (13... 15% şi respectiv 16...18% crom). Ambele oţeluri sînt folosite pentru cuţite inoxidabile chirurgicale, bricege, foarfece etc. In standard se dau date privind compoziţia chimică, starea de livrare, duritate, aspect, macrostructură , deformare, tratament termic, reguli pentru verificarea calităţii, marcare, ambalare şi altele.

5.6. Oţeluri rapide

Sînt oţeluri de scule bogat aliate folosite îndeosebi la confecţionarea de scule aşchietoare a căror proprietate este de a păstra o duritate mare chiar după revenire la temperaturi ridicate (600°C) adică prezintă o mare stabilitate termică la revenire.Ca atare cu aceste oţeluri se pot realiza viteze de aşchiere cu mult mai mari decît cu oţelurile de scule carbon şi slab aliate oare la încălzirea lor în timpul aşchierii peste 200-220° îşi pierd duritatea.Oţelurile rapide conţin 15..25%elemente de aliere.In afară de Fe şi C în compoziţia lor intră W,Cr,V,Mo şi Co. Calitatea de aşchiere a oţelului rapid depinde de conţinutul de wolfram şi anume creşte pe măsură ce se măreşte conţinutul în acest element pînă la 23%. Wolframul formează carburi foarte

dure şi întîrzie înmuierea la revenire. Conţinutul de crom în medie este de 4%, vanadiu 1...4%, molibden în unele mărci o,7... 5% şi Co între 4,5...6%. Adăugarea vanadiului permite să se economisească în oarecare măsură wolframul, astfel că în cazul unui conţinut suficient de vanadiu se pot obţine calităţi optime de aşchiere pentru 1o% W . Oţelurile bogate în vanadiu sînt totuşi mai sensibile la supraîncălziri şi au tendinţa de a fi fragile. Practic se recomandă ca vanadiul să nu depăşească 2,5%. Se precizează că elementele de aliere : wolframul , molibdenul, cromul sînt elemente alfagene şi prezenţa lor simultană în cantităţi importante pot suprima transformarea $\alpha \rightarrow \gamma$. De aceea trebuie compensată această influenţă prin adăugarea de carbon (element gamagen). Conţinutul în carbon se recomandă să depăşească o,7...o,8%. La oţelurile rapide cu conţinuturi de cobalt se constată durificarea austenitei reziduale; oţelul pare mai bine călit şi carburile o dată dizolvate întîrzie precipitarea. Se recomandă să nu se ridice prea mult conţinutul în Co deoarece el stabilizează austenita şi peste 15% Co nu se poate transforma în martensită. In funcţie de conţinutul în elemente de aliere oţelurile rapide pot fi grupate în:

- oţeluri rapide curente cu conţinut de 1o...14% W şi 4% Cr.

- oţeluri rapide superioare cu conţinuturi de 18% W, 4% Cr şi 1% V .

- oţeluri rapide extra cu conţinuturi de 18...22% W ; 4% Cr, o...1% Mo, 1,5...2,5% V .

- oţelurile rapide speciale cu conţinuturi de 18...12% W, 4% Cr, O...1% Mo, 1,5...2,5% V şi 2...15% Co.

Oţelurile rapide fac parte din clasa oţelurilor ledeburitice, avînd în stare turnată o structură ledeburitică asemănătoare fontelor albe hipoeutectice. In structura lor se găsesc pînă

la 30...35% carburi duble de W şi Fe, carburi de crom, carburi de vanadiu şi carburi de Mo.

Carburile primare, lamelare sau în forme alungite formează un schelet ledeburitic în masa de bază austenitică (fig.5.17.a). Carburile ledeburitice au o duritate foarte mare, fapt care face ca sculele confecţionate din oţeluri rapide să aibă o mare capacitate de aşchiere.

Pentru a obţine o repartizare cît mai uniformă a carburilor în întregul lingou acesta se supune la o forjare;operaţia ce se execută într-un interval restrîns de temperaturi între 1150°..900°C; sub 900°C se pot produce fisuri. In timpul forjării scheletul ledeburitic grosolan de carburi primare este sfărîmat şi repartizat în masa de bază cu atît mai uniform, cu cît gradul de deformare a fost mai mare (fig. 5.17.b).

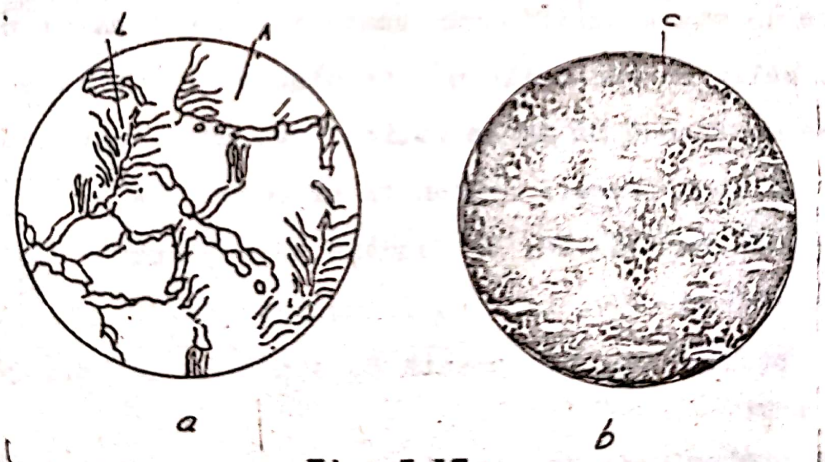


Fig. 5.17
Structura oţelului rapid.
a) turnat
b) forjat

5.6.1. Tratamentul termic al otelului rapid

Recoacerea. Are ca scop omogenizarea structurii, (normalizarea) şi reducerea durităţii (înmuierea), pentru a se uşura prelucrarea prin aşchiere a semifabricatelor în vederea ob-

ţinerii diferitelor scule (freze, burghie, alezoare etc). Recoacerea de înmuiere se face la temperaturi între 780...830°C cu o menţinere de 2...9 ore urmată de o răcire foarte lentă (o dată cu cuptorul), obţinîndu-se o structură formată din carburi primare, carburi secundare, carburi eutectoide într-o bază sorbitică. In urma recoacerii se obţine o duritate de 220...300 HB.

Călirea. Pentru obţinerea proprietăţilor mecanice optime sculele din oţelul rapid se tratează termic prin călire şi revenire înaltă. Spre deosebire de tratamentul termic al oţelurilor de scule carbon şi slab aliate, temperatura de încălzire în vederea călirii oţelurilor rapide, este deosebit de ridicată, între 1250 - 1300°C iar temperatura de revenire 530-580°C. Această deosebire în regimul de temperaturi se explică prin proprietăţile deosebite ale carburilor oţelului rapid. Scopul urmărit prin încălzire la aceste temperaturi este dizolvarea cît mai completă a carburilor în austenită care devine bogat aliată cu C, W şi V. Prin faptul că mai rămîn carburi primare nedizolvate acestea vor împiedica supraîncălzirea oţelului. Creşterea intensivă a grăuntelui austenitic în oţelul rapid are loc numai după ce întreaga cantitate de carburi a trecut în soluţie solidă. Incălzind un timp scurt (de obicei numai cîteva minute) la temperaturi ridicate se evită supraîncălzirea la călire.

Deoarece oţelurile rapide au conductivitate termică scăzută este necesar ca încălzirea lor să se facă în două sau chiar trei trepte. Astfel se face o preîncălzire foarte lentă pînă la 500-550°, apoi una lentă pînă la 800-850° şi apoi o încălzire rapidă pînă la 1250-1300°C, prin introducerea într-un alt cuptor încălzit deja la aceste temperaturi.

Se evită astfel formarea tensiunilor şi crăpăturilor şi se reduce la minimum oxidarea şi decarburarea superficială.

Oţelurile rapide avînd o viteză critică de călire mică, diagramele TTT fiind mult deplasate spre dreapta, răcirea pentru călire se execută în ulei sau chiar aer. După călire structura este formată din martensită, o cantitate mare de austenită reziduală (cca 30%) şi carburi primare care n-au fost dizolvate. Duritatea după călire este mare şi atinge 60-62 HRC. Cu toate acestea scula de oţel rapid călit dar nerevenit nu prezintă proprietăţi de aşchiere suficient de înalte, acestea datorită în primul rînd **cantităţii mari de austenită reziduală.** De asemenea o eventuală încălzire în timpul funcţionării la 300-400° micşorează duritatea (fig.5.18) şi muchia aşchietoare se toceşte repede.

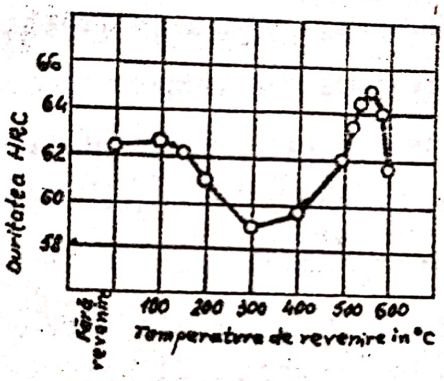


Fig. 5.18
Variaţia durităţii oţelului R 18 în funcţie de temperatura de revenire, după călire de la 1280°C

Revenirea. După călire, oţelurile rapide sînt supuse la o revenire înaltă printr-o încălzire la temperatura de 530-580°C cu o menţinere la această temperatură de cca 3 ore. In timpul revenirii are loc o precipitare a carburilor din austenita suprasaturată, care astfel devine mai săracă în carbon şi elemente de aliere şi astfel la răcire după revenire se transformă mai uşor în martensită. După revenire structura oţelului rapid este mai omogenă şi este format din martensită fină în care sînt dispersate carburi fine, şi carburi primare

care nu s-au dizolvat la călire. Se menţionează faptul că efectul revenirii este cu atît mai puternic cu cît călirea a avut loc la temperaturi mai ridicate (fig.5.19).

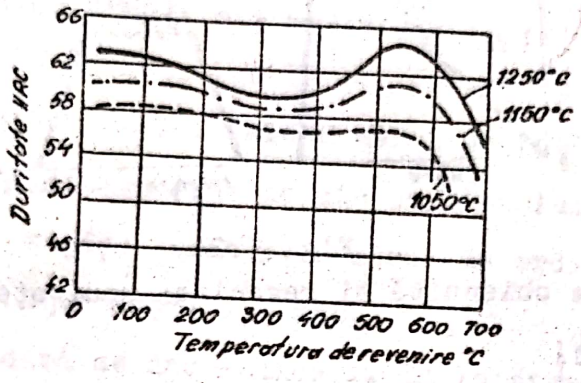


Fig. 5.19
Duritatea oţelului rapid după călire de la diferite temperaturi şi revenire.

Spre deosebire de micşorarea durităţii la revenirea oţelurilor obişnuite, la oţelurile rapide duritatea creşte prin revenire ajungînd la 63...66 HRC.

Pentru o cît mai completă transformare a austenitei reziduale în martensită în practică se aplică trei reveniri succesive (ciclice) cu menţineri de cca 1 oră. De asemenea se aplică şi tratamentul sub 0°C după călirea obişnuită cu rezultate bune în ce priveşte îmbunătăţirea proprietăţilor oţelului rapid. In continuare se prezintă schematic spre exemplificare cîteva cicluri de tratamente termice ale oţelurilor rapide. (Fig.5.20; Fig.5.21; Fig.5.22).

Menţionăm că uneori pentru a se micşora starea tensionată a sculelor datorită tratamentului termic se recomandă să se aplice călirea în trepte. Pentru aceasta se ţine seama de faptul că pe curbele TTT în intervalul 400...600°C apare un domeniu larg de stabilitate a austenitei, iar punctul Mf este situat la temperaturi joase. Această călire în trepte se aplică în felul următor: după austenitizare oţelul este introdus într-o

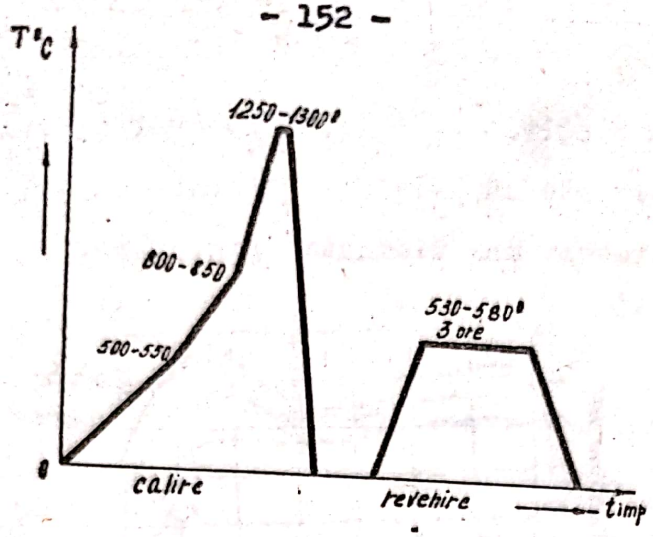


Fig. 5.2o
Călirea obişnuită şi revenirea unui oţel rapid.

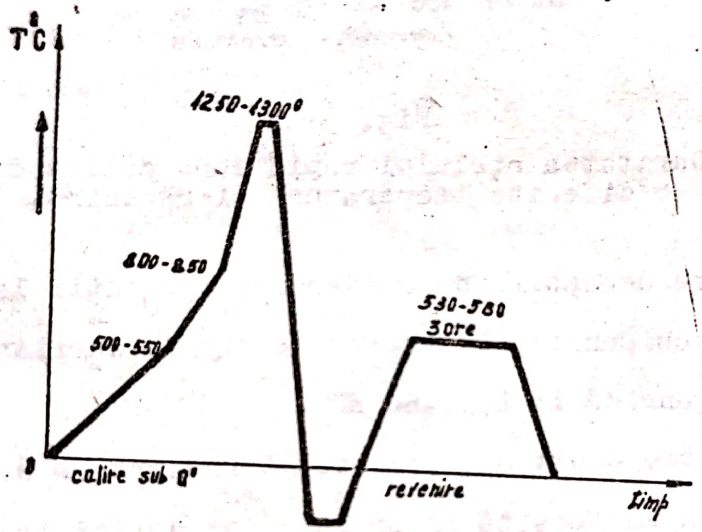


Fig. 5.21.
Călirea sub 0°C şi revenirea unui oţel rapid.

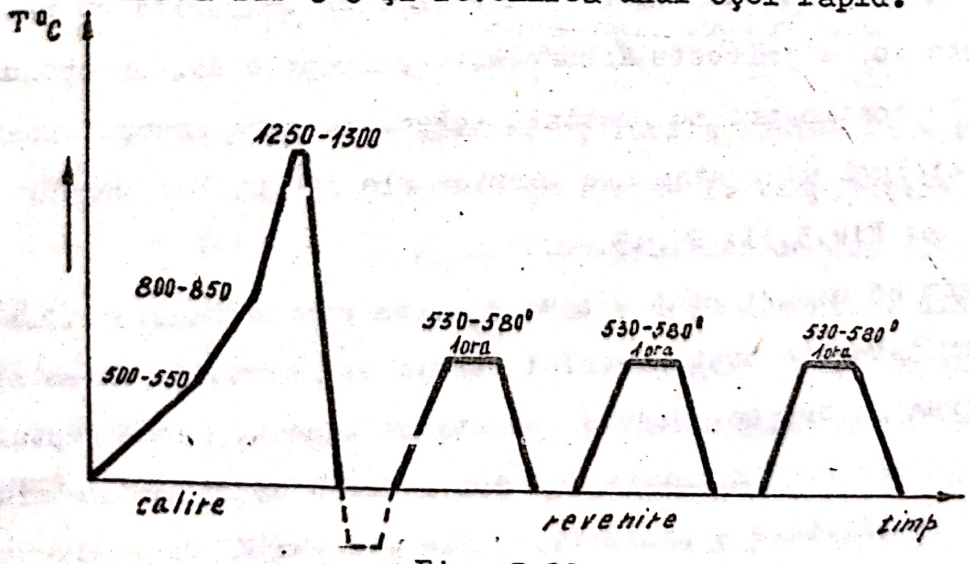


Fig. 5.22.
Călirea obişnuită (sau sub 0°C, linia punctată) şi trei reveniri succesive.

baie de sare la 500-550 C unde este ţinut pînă la uniformizarea temperaturii, apoi este răcit în ulei. Acest tratament prezintă avantajul că se micşorează valoarea tensiunilor care provoacă deformări şi chiar fisuri ale sculelor.

La noi în ţară oţelurile rapide pentru scule sînt standardizate în STAS 7382-66. Cele 8 mărci de oţeluri rapide pentru scule standardizate sînt notate cu simbolul Rp (prescurtare de la oţelul rapid) urmat de numărul de ordine al mărcii din standard: Rp1 ; Rp2 ; Rp3; ... Rp6.

In standard se dau indicaţii în legătură cu condiţiile tehnice ale acestor oţeluri privind compoziţia chimică, caracteristici mecanice, tratamente termice, caracteristici metalografice, stare de livrare, aspect, reguli pentru verificarea calităţii, verificări şi încercări, marcare livrare, ambalare, documentare etc.

- După indicaţiile standardului oţelurile Rp1 şi Rp6 sînt oţeluri rapide cu conţinut de Wolfram între 10...12 şi bogate în cobalt (4,5...6%) şi vanadiu (2,0...4,0%) şi sînt folosite pentru scule de tăiere rapidă, puternic solicitate la uzură şi temperatură (prelucrări fără răcire); cuţite de strunjire şi tăiere, alezoare, freze, scule pentru tăiat filet, şi alte scule cărora li se cere şi tenacitate ridicată.

- Oţelul Rp2 (simbol vechi RK50) este un oţel cu o compoziţie asemănătoare cu oţelul Rp3 dar în plus mai conţine 4,5...5% Co. Se recomandă pentru scule de aşchiere la viteze foarte mari pentru materiale foarte dure cuţite de strung speciale, freze profilate, tarozi speciali, alezoare cu productivitate ridicată etc.

- Oţelul Rp3 (simbolul vechi RW18) este un oţel rapid obişnuit (corespunzător oţelului R18 din URSS şi oţelului Poldi

Maximum Special din Cehoslovacia) are următoarea compoziţie chimică: o,7o...o,8o% C; 3,6o...4,4o% Cr; 17,7...19,5% W; 1,o...1,4%V, conţinînd şi mici cantităţi de Mn (max. o,45%), Si (o,2o...o,4o%), Mo (max.o,6) şi Ni (max.o,4o%). Acest oţel se utilizează pentru scule de aşchiere cu viteze mari pentru materiale cu duritate ridicată (cca 28o HB); cuţite de strung, freze, burghie, tarozi, alezoare, broşe, bacuri de filieră, pînză şi segmenţi de ferăstrău.

- Oţelurile Rp4 (simbol vechi RW9o) şi Rp5 (simbol vechi RMo5o) sînt oţeluri cu conţinuturi mai mici de W (8,5...1o,o% şi respectiv 6,o...7,o%), Rp5 cu conţinut ridicat de Mo (4,8o... ..5,3o%), folosite ca înlocuitori al oţelului Rp3 în cazul unor solicitări mai reduse.

- Oţelul Rp7 este un oţel cu conţinut de 11,5..12,5% W şi conţinut ridicat de vanadiu (3,5...4,o%) etc. Este folosit pentru prelucrarea materialelor foarte rezistente (peste 1oo daN/mm^2) a aliajelor refractare folosind viteze mari de aşchiere; freze elicoidale pentru caneluri, burghie bacuri de filetat, filiere etc.

- Oţelul Rp8 se deosebeşte din punct de vedere al compoziţiei chimice faţă de Rp7 prin conţinutul mai mic de carbon (o,8o...o,9o% faţă de 1,2o...1,3o%) şi de asemenea prin conţinutul mai mic de vanadiu (2,3o...2,6o%). Este un oţel economic cu capacitate ridicată de tăiere; folosit la prelucrarea materialelor cu rezistenţă peste 85 daN/mm^2. Din acest oţel se prelucrează freze, burghie speciale, alezoare, dinţi şi segmenţi pentru fierăstrău circular etc.

In afară de oţeluri aliate pentru scule de aşchiere în industrie sînt folosite şi diferite tipuri de aliaje cu capacitate mare de tăiere la temperaturi ridicate. Aceste aliaje sînt

prezentate în capitolul „6 , aliaje neferoase" .

5.7. Oteluri aliate cu proprietăţi fizice şi chimice speciale

In funcţie de proprietăţile fizice şi chimice speciale pe care le posedă deosebim:

- oţeluri inoxidabile (stabile la coroziune atmosferică şi rezistenţă la coroziune în medii agresive).
- oţeluri refractare (rezistente la cald şi la oxidare la temperaturi înalte).
- oţeluri rezistente la uzură
- oţeluri cu proprietăţi termice speciale
- oţeluri şi aliaje cu proprietăţi magnetice speciale
- oţeluri nemagnetice
- oţeluri speciale folosite la temperaturi joase.

5.7.1. Oţeluri inoxidabile

Spre a mări rezistenţa oţelurilor carbon slab aliate la coroziune în atmosferă, în apă şi diferite medii agresive sau la oxidare la temperaturi mari (vezi oţeluri refractare) li se adaugă elemente de aliere care să favorizeze apariţia unui strat superficial compact de oxizi rezistenţi la acţiunea chimică a mediului de lucru.

Conţinutul ridicat de crom sau în crom-nichel măreşte rezistenţa la acţiunea chimică a mediului şi oţelurile astfel aliate se numesc inoxidabile sau anticorozive şi refractare.

Elementul principal de aliere a tuturor calităţilor de oţeluri inoxidabile, este cromul, care determină rezistenţă mare la coroziune la conţinuturi peste 12% Cr.

- Oţeluri inoxidabile cu crom. In funcţie de conţinutul în carbon şi crom oţelurile inoxidabile pot avea diferite

structuri: feritică, ferito-martensitică şi martensitică.

După standardizarea noastră (vezi STAS 3583-64 oţel rezistent la coroziune şi refractare, prelucrat la cald şi STAS 6855-69, Oţel aliat refractar şi anticoroziv turnat în piese), oţelurile inoxidabile cu crom conţin între 11-14% Cr sau 16-19% Cr cu conţinut de carbon între 0,08-0,44% C cu excepţia mărcii 9o C 18o care conţine între 0,90-1,00% C.

Oţelurile cu 11-14% Cr ,după tratamentul termic (călire şi revenire) au o rezistenţă mare la coroziune şi uzură. Temperatura de început de oxidare intensă este cca 750°C, iar temperatura de lucru sub sarcină cu funcţionare de lungă durată, 500°C. Aceste oţeluri se utilizează îndeosebi la supape şi scaune de supape, tije de pistoane instrumente chirurgicale, scule de măsurat, utilaj petrolifer, articole de uz casnic şi altele. In STAS 3583-64 sînt standardizate din această grupă oţelurile: 12 C 13o; 2o C 13o; 3o C 13o; 4o C 14o; 7 C 12o; etc., iar în STAS 6855-69 oţelurile: T 12 C 13o; T 22 C 13o şi altele.

Oţelurile cu 16-19% Cr pot fi folosite ca oţeluri antiacide. Sînt rezistente la uzură. Pentru mărirea sudabilităţii se adaugă pînă la 0,8% titan. Din aceste oţeluri se confecţionează piese de maşini supuse la uzură mare sub acţiunea mediilor corozive cum sînt de exemplu scaune de supape, cochile şi ajutaje pentru turnare sub presiune, rezervoare antiacide etc. Dintre mărcile de oţeluri standardizate din această grupă menţionăm: 1o C 17o; 9o C 18o şi altele.

- Oţeluri inoxidabile cu crom si nichel. Adăugarea de conţinuturi importante de nichel oţelurilor aliate cu crom tinde să le confere o structură austenitică şi la temperatura ambiantă. Pentru a se obţine o structură austenitică la un oţel cu 0,1% C conţinutul în nichel-crom trebuie să varieze între anumite procente (fig.5.23).

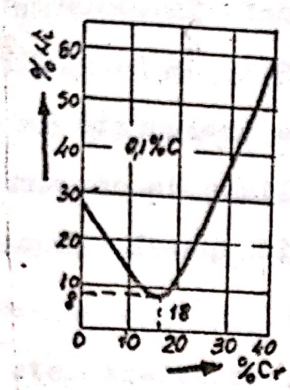


Fig.5.23
Oţeluri Cr-Ni cu structură austenitică.

Cel mai răspîndit oţel este cel cu 18% Cr, 8% Ni şi o,1% C (oţeluri 18-8). Acest oţel corespunde conţinutului minim de nichel al cărui preţ este de cca 7 ori mai mare decît al cromului. După tratamentul termic obişnuit (călire de la 1o5o°C în apă sau aer) structura este formată din austenită omogenă poliedrică, cu incluziuni de zguri oxidice fine. Acest oţel prezintă rezistenţă mecanică la fluaj, rezistenţă la coroziune în aer, apă şi mulţi agenţi chimici, are rezistenţă şi rezilienţă mare la temperaturi scăzute, prezintă capacitate mare de ecruisare, rezistenţă la oxidare la temperaturi ridicate şi refractaritate. Aceste oţeluri sînt nemagnetice şi se pot suda. In cazul oţelurilor Cr-Ni cu un conţinut de carbon de peste o,o4% la încălziri peste 5oo°C, din austenită suprasaturată se pot separa carburi la limitele grăunţilor. Acest fapt reduce rezistenţa la coroziune şi produce coroziune intercristalină. Reducerea tendinţei de coroziune intercristalină se poate face prin adăugarea elementelor de aliere: titan(pînă la o,8%) niobiu (pînă la 1,3%) care au afinitate mai mare pentru carbon decît cromul şi formează carburi cu stabilitate mare (TiC; NiC) care sînt insolubile în austenită şi nu se mai separă carburi de crom. Aceste oţeluri se întrebuinţează la fabricarea pieselor ce lucrează în condiţii grele de uzură şi coroziune. Se prelucrează greu la rece.

In STAS 3583-64 sînt cuprinse şi mărcile de oţeluri inoxidabile Cr-Ni standardizate ca: 1o NC 18o; 14 NC 17o; 7 NC 18o precum şi alte oţeluri anticorozive şi refractare în compoziţia cărora intră şi alte elemente de aliere. Mărcile de oţeluri re-

fractare şi anticorozive (inoxidabile) turnate în piese, standardizate la noi în ţară sînt cuprinse în STAS 6855-69. Simbolizarea oţelurilor anticorozive şi refractare prelucrate la cald este identică cu simbolizarea oţelurilor aliate de construcţii de maşini turnat în piese. Litera T de la începutul simbolului indică starea turnată.

5.7.2. Oţeluri refractare

Aceste oţeluri sînt stabile şi rezistente la temperaturi înalte. Se consideră stabile la temperaturi înalte, oţelul capabil să lucreze un timp îndelungat la temperaturi înalte fără să se oxideze. Se consideră rezistent la temperaturi înalte oţelul care îşi păstrează rezistenţa mecanică mare la temperaturi relativ înalte şi îndeosebi care posedă o rezistenţă înaltă la fluaj.

Principial stabilitatea la temperaturi înalte se obţine prin formarea unor pelicule compacte protectoare de oxizi metalici care feresc piesele de coroziune în continuare. Pentru a se ajunge la stabilitate la temperaturi înalte, oţelul trebuie aliat cu elemente care la aceste temperaturi se oxidează mai repede decît fierul, formînd pelicule compacte de oxizi care să protejeze metalul. Astfel de element sînt Cr, Si, Al. Cea mai mare influenţă în acest sens o are cromul.

Rezistenţa mecanică la temperaturi înalte este la oţelurile refractare o proprietate importantă mai ales cînd acestea sînt supuse la solicitări de durată (fluaj) la temperaturi ridicate. Menţionăm faptul că oţelurile rezistente la temperaturi înalte nu au o rezistenţă mecanică maximă la aceste temperaturi. Aceasta se explică prin faptul că elementele Cr, Si, Al care ridică mult stabilitatea la coroziune nu sînt în acelaşi timp

toate şi optime din punct de vedere al măririi rezistenţei mecanice a oţelurilor la temperaturi înalte în particular al rezistenţei la fluaj. In consecinţă pentru obţinerea unei rezistenţe mecanice mari la temperaturi înalte şi în special a unei rezistenţe la fluaj, este necesară o aliere specială a oţelului cu elemente care influenţează în această direcţie (cum sînt Mo, W, V etc. Aceste elemente ridică temperatura de început de recristalizare şi în acest fel creşte rezistenţa la fluaj a oţelului. Ecruisajul care are loc la o încărcare mare a oţelului la temperaturi ridicate se menţine dacă temperatura de început de recristalizare este situată mai sus de temperatura de lucru a oţelului. Ca rezultat al ecruisajului, rezistenţa la deformare creşte şi fluajul oţelului se micşorează.

Dintre oţelurile aliate refractare cele <u>feritice şi perlitice</u> pot fi utilizate pînă la temperaturi de 350-500°, în construcţia de cazane, supape de motoare etc. Aceste oţeluri se remarcă prin conţinuturi ridicate de crom (8...12%), siliciu (2...4,5%).

Oţelurile refractare <u>austenitice</u> sînt bogat aliate şi pot fi folosite la temperaturi mai ridicate (500-650°) pentru confecţionarea de supape palete de turbine cu gaze, diferite piese puternic solicitate termic în motoarele cu reacţie şi de rachete etc. Aceste oţeluri sînt bogat aliate cu crom (pînă la 30% Cr) cu nichel (pînă la 21%Ni), cu siliciu (pînă la 3% Si) la conţinuturi mici de carbon (sub 0,1...0,2%). Proprietăţile acestor oţeluri pot fi îmbogăţite prin adăugarea de Mo, Ti şi Co.

La noi în ţară mărcile de oţeluri refractare standardizate prelucrate la cald sînt cuprinse în STAS 3583-64 cum sînt de exemplu: 40 MoSC 100; 7 TC 170; 12 TC 250; 40 SC 90; 15 SC 200; 15 SC 250; 15 NC 230 etc, iar mărcile de oţeluri refractare

turnate în piese sînt cuprinse în STAS 6855-69 cum sînt de exemplu: T 40 SC 130; T 75 SC 280; T 10 MTMoNC 170;T 10 MTMoNC 175 şi altele.

In aceste standarde se dau indicaţii asupra mărcilor de oţeluri standardizate privind compoziţia chimică, tratament termic şi caracteristici mecanice, reguli de verificare a calităţii, indicaţii de întrebuinţare etc.

5.7.3. Oţeluri rezistente la uzură

Dintre oţelurile rezistente la uzură se remarcă oţelurile manganoase cu 0,9...1,4% C şi 11,5...14,5 Mn. Aceste oţeluri deşi au o duritate mică (circa 200-250 HB) sînt foarte rezistente la uzură. Aceste oţeluri aparţin clasei austenitice. Rezistenţa la uzură a acestor oţeluri se explică prin tendinţa de a se durifica prin ecruisare. Este caracteristic faptul că, dacă uzura este însoţită de apăsare, acest oţel devine foarte rezistent la uzură. Sub acţiunea unei scule aşchietoare suprafaţa care se prelucrează se ecruisează. Deoarece oţelul cu conţinut înalt în mangan prezintă acest fenomen, prelucrarea sa mecanică nu se poate realiza. De obicei, piesele din acest oţel se toarnă şi apoi se rectifică. Unul dintre oţelurile manganoase foarte mult folosite este cel cu 13% Mn cunoscut sub denumirea de oţel Hadfield. Acest oţel este caracterizat prin următoarele proprietăţi mecanice: $\sigma_c \approx 40$ daN/mm^2 ; $R \approx 105$ daN/mm^2 ; $\delta \approx 80\%$; $\psi \approx 50\%$; HB ≈ 210 . Este utilizat pe scară largă în unele domenii ale construcţiei de maşini şi în transport (inimi pentru şinele de tramvai, ace pentru macaz, piese pentru concasoare etc).

La noi în ţară sînt standardizate două mărci de oţeluri austenitice manganoase turnate în piese şi rezistente la uzură, în

STAS 3718-63 şi anulai T 1o5 M 12o şi T 13o M 135. Im stand se dau date asupra acestor oţeluri privind compoziţia chimică, caracteristici mecanice, domeniu de utilizare, reguli pentru verificarea calităţii etc.

5.7.4. Oţeluri cu proprietăţi termice speciale

Aceste oţeluri se remarcă printr-un anumit coeficient de dilatare termică. In general la aliajele amestecuri coeficientul de dilatare variază după o linie iar în cazul soluţiilor solide variază după o curbă între valorile coeficienţilor de dilatare liniară a componenţilor. Există totuşi două sisteme anormale: Fe-Ni şi Fe-Pt, la care modificarea coeficienţilor de dilatare nu se supun regulei generale şi pentru anumite concentraţii prezintă un coeficient de dilatare minim care se apropie de zero. Astfel de exemplu coeficientul de dilatare liniară a aliajelor fier nichel, la creşterea conţinutului de nichel, variază după o funcţie complexă, reprezentată prin curba din fig. 5.24.

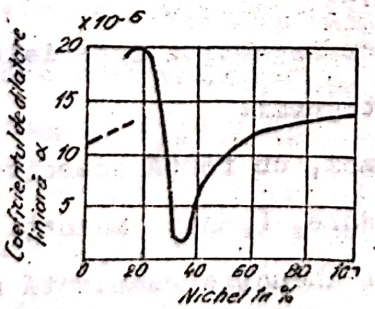


Fig. 5.24
Coeficientul de dilatare la aliajele Fe-Ni(0...1oo°C).

Pe baza acestor observaţii s-a elaborat aliajul special numit invar cu un coeficient de dilatare minim pînă la 1oo°C. Acest aliaj conţine 36% Ni, sub o,25% C şi restul fier. Este întrebuinţat la fabricarea aparatelor şi instrumentelor care nu trebuie să-şi schimbe dimensiunile lor la variaţii de temperatură (etaloanele de lungimi, pendulele cromo-

metrelor, aparatele geodezice etc).

Dacă în compoziţia invarului se adaugă circa 8-12% Cr se obţine un aliaj rezistent la coroziune şi cu un modul de elasticitate care nu se modifică la temperaturi pînă la 100°C. Acest aliaj se numeşte elinvar şi are compoziţia 0,3 - 0,4% C; 35,0 - 38 % Ni; 8 - 12% Cr fiind folosit în construcţia de aparate (pendule pentru ceasornice, arcuri pentru ceasornice, diapazoane etc). Aliajul platinit cu aproximativ 46% Ni, 0,3% C şi restul fier se remarcă printr-un coeficient de dilatare termică egală cu a sticlei şi platinei. Se foloseşte ca înlocuitor al platinei la executarea electrozilor sudaţi în sticlă ale lămpilor incandescente şi a tuburilor electronice.

5.7.5. Oteluri şi aliaje cu proprietăţi magnetice speciale

Materialele magnetice în general au proprietatea de a fi permeabile fluxului magnetic, constituind circuitele magnetice ale maşinilor, transformatoarelor şi aparatelor electrice. Unele din aceste materiale sînt corespunzătoare şi pentru fabricarea magneţilor permanenţi.

In funcţie de proprietăţilor lor magnetice materialele magnetice pot fi grupate în două categorii:

a - materiale magnetice moi, cu forţă coercitivă mică, şi

b - materiale magnetice dure, (pentru magneţi permanenţi) care au o forţă coercitivă şi o inducţie remanentă mare.

a. Materiale magnetice moi

Se folosesc la construcţia transformatoarelor, a rotoarelor şi a statoarelor maşinilor electrice, a miezurilor electromagneţilor, a releelor, a aparatelor de măsură etc. Din această categorie amintim :

1. Fierul tehnic pur numit şi fier Armco care are o forţă coercitivă mică şi o permeabilitate mare, dar avînd totodată şi o rezistivitate relativ scăzută, pierderile prin curenţi turbionari (Foucault) sînt destul de mari. Prin adăugarea unor elemente care se dizolvă în fier ca de exemplu siliciul creşte rezistenţa electrică şi pierderile prin curenţi turbionari scad. Fierul tehnic pur conţine o mică cantitate de impurităţi, ca mangan siliciu, carbon, sulf, fosfor şi altele care înrăutăţesc proprietăţile magnetice. Proprietăţile magnetice ale fierului pot fi influenţate prin tehnologia elaborării, de prelucrările prin deformare (ecruisare), de tratamentele termice, de fineţea structurii etc.

Un fier tehnic foarte pur, cu impurităţi sub o,o5% poate fi obţinut prin două metode:

- prin metoda electrolitică, obţinîndu-se fier electrolitic şi

- prin metoda carbonil, obţinîndu-se fierul carbonil.

Prin ambele metode se obţine un fier sub formă de pulbere, din care apoi prin presare şi sinterizare se confecţionează piesele pentru circuite magnetice.

Actualmente pentru îmbunătăţirea proprietăţilor magnetice ale fierului pur se aplică diferite procedee ca: retopirea repetată în vid a fierului electrolitic, rafinarea fierului în hidrogen în apropierea punctului de topire, tratamentul într-un cîmp magnetic etc.

2. Tabla silicioasă (STAS 673-67) este cel mai întrebuinţat material magnetic moale în electrotehnică pentru construcţia circuitelor magnetice. Diversele calităţi de tablă silicioasă au fost prezentate în cap. 5.4.2.

3. Alte tipuri de aliaje pe bază de fier sau pe bază de metale neferoase, dintre care amintim :

- aliaje fier-nichel (permalloy) şi Al-Si-Fe (alsiferii), cu permeabilitate mare; aliaje Ni-Co-Mo-Fe (perminvar) cu permeabilitate constantă; aliaje termo-magnetice Ni-Cu (calmalloy cu 30% - 40% Cu) sau Fe-Ni cu 30% Ni (termalloy) sau Fe-Ni-Cr (compensator) etc, a căror permeabilitate depinde foarte mult de temperatură.

Feritele sînt materiale magnetice moi metalocoramice nemetalice cu o mare rezistivitate. Sînt oxizi dubli de fier şi de un metal de obicei bivalent care corespund formulei generale $MeO.Fe_2O_3$ unde Me este simbolul metalului bivalent (de exemplu: Cu,Mn,Mg,Ni,Co,Zn,Cd etc).

- materiale metaloceramice cu proprietăţi magnetice moi. Prin metodele metalurgiei pulberilor sînt fabricate diferite tipuri de materiale magnetice sinterizate din fier pur,din aliaje fier-nichel de diferite compoziţii din aliaje Al-Si-Fe şi altele.

b. Materiale magnetice dure

Aceste materiale sînt destinate fabricării magneţilor permanenţi. Materialele magnetice dure au în general o structură eterogenă cu proprietăţi magnetice ale fazelor foarte deosebite. In mod obişnuit fazele magnetice se află fin dispersate într-o masă de bază nemagnetică. Această structură la materialele magnetice obişnuite, compacte, obţinute prin turnare, se realizează prin tratamentele termice aplicate ca: transformare martensitică, durificare prin precipitare, descompunerea unei soluţii solide etc., iar la materialele sinterizate se poate realiza prin măcinarea prealabilă a materialului magnetic în pulbere foarte fină, în care granulele să fie pe cît posibile domenii elementare. Această pulbere fină va fi amestecată cu un liant şi apoi presată la forma corpului dorit.
Dintre numeroasele materiale şi aliaje magnetice dure amintim:

- Oţelurile carbon cu peste 1% C (ex. OSC10, OSC12) folosite pentru magneţi mici aplicîndu-se o călire şi revenire la temperaturi joase. Prin călire se obţine o structură martensitică şi tensiuni interne, astfel materialul dobîndeşte pe lîngă o duritate mecanică ridicată şi o forţă coercitivă mare. Actualmente oţelul carbon este folosit din ce în ce mai rar ca material magnetic dur din cauza proprietăţilor magnetice scăzute. O îmbunătăţire substanţială a proprietăţilor magnetice : poate realiza prin alierea oţelurilor cu elemente ca: W,Cr,Mo, Co etc. în stare călită.

- Dintre oţelurile aliate mai frecvent folosite pentru magneţi permanenţi amintim: oţelurile cu crom, oţelurile cu wolfram, oţelurile cu cobalt şi oţelul cobalt-molibden (vezi cap.5.3). La toate oţelurile acestea un rol important pentru obţinerea anumitor caracteristici magnetice îl au respectarea condiţiilor prescrise la călire şi revenire. Un dezavantaj general al acestor materiale este fenomenul pierderii treptate a proprietăţilor magnetice prin îmbătrînire, pierdere ce se accelerează cu ridicarea temperaturii.

Dintre aliajele magnetice dure amintim :

- aliajele Al-Ni-Fe (aşa numitele aliaje alni), cu proprietăţi optime pentru 25...30% Ni, 10...15% Al şi restul fier.

- aliajele Al-Ni-Co, cu 12...18% Co în mărcile obişnuite şi 24% Co în aliajul cu conţinutul cel mai mare de cobalt cu denumirea de magnico, cu proprietăţi magnetice foarte bune.

- Aliajele anizotrope. Aliajele de mai sus din punct de vedere magnetic sînt izotrope. Dacă ele sînt supuse unui tratament terromagnetic constînd din răcirea magneţilor într-un

cîmp magnetic puternic, devin anizotrope, prezentînd calităţi magnetice deosebit de bune în direcţia aplicării cîmpului magnetic. Astfel se remarcă aliajele alnife cu conţinuturi de cobalt, cupru şi titan tratate termomagnetic, cunoscute sub diferite denumiri comerciale: alcomax, triconal, alnico, magnico şi altele. Aliajele magnetice alni şi alnico la noi în ţară sînt standardizate în STAS 8112-68. Din cauza fragilităţii şi durităţii foarte mari a aliajelor alni, alnico şi magnico fabricarea magneţilor din aceste materiale se face prin turnare, iar magneţii mici prin metoda metalurgiei pulberilor.

Aliajele magnetice ductile sînt mai puţin fragile şi dure şi pot fi forjate sau laminate. Dintre aceste aliaje amintim:

- aliajul cunife, compus din Cu,Ni şi Fe. Este un material anizotrop, care trebuie magnetizat în direcţia laminării sau trefilării;

- aliajul cunico este un material izotrop care conţine Cu,Ni şi Co ;

- aliajul silmanal care conţine argint, mangan şi aluminiu;

- aliajul Vicalloy care conţine 52...54% Co, 34...39%Fe şi 8...14% V. Are proprietăţi magnetice foarte bune, poate fi laminat la rece şi trefilat şi prelucrat uşor prin aşchiere.

5.7.6. Materiale ceramice pentru magneţi permanenţi

Fabricarea prin turnare a magneţilor din aliaje alni şi alnico prezintă o serie de dezavantaje inerente procedeelor de turnare ca: impurificarea aliajului prin reacţie cu materialul creuzetului, structură grosolană, tendinţă de formare de retasuri, porozităţi şi alte defecte de turnare, care scad proprietăţile magnetice-imposibilitatea de prelucrare mecanică, etc.

Prin metodele metalurgiei pulberilor se obţin actualmente aceste aliaje la o puritate deosebit de ridicată, cu o structură fină şi omogenă, cu rezistenţă mecanică mai mare, ele avînd şi posibilitatea de prelucrare mecanică. Magneţii permanenţi pot fi fabricaţi din pulberi după două variante tehnologice deosebite:

- presarea amestecului de pulberi, urmată de o sinterizare la temperaturi ridicate şi

- presarea pulberilor amestecate cu un liant fără încălzire sau cu o încălzire la temperaturi scăzute numai pentru polimerizarea liantului.

Pentru fabricarea magneţilor permanenţi se folosesc pulberi de mare puritate de componenţi şi de prealiaje, obţinute prin topire şi măcinare ulterioară. In special aluminiul trebuie introdus în amestec sub formă de prealiaj. Aliajul Fe-Al cu 5% Al fiind fragil se transformă uşor prin măcinare într-o pulbere fină. Sinterizarea se execută în cuptoare cu atmosferă de hidrogen pur la temperaturi peste 1200°C timp îndelungat (pînă la 20 ore) urmat de răcire rapidă pentru obţinerea de soluţii solide suprasaturate. Printr-un tratament de omogenizare 900... ...1250°C se produce o dispersie prin precipitare. La aliajele alnico se poate aplica şi tratamentul termomagnetic la 1200..1300°C şi un cîmp magnetic intens, urmată de revenire la cca 600°C. Fabricarea magneţilor permanenţi prin presare cu liant fără sinterizare se aplică la aliajele alni, alnico, fierul electrotehnic şi la aliajele mangan-bismut.

Feritele magnetice dure. Actualmente se fabrică magneţi permanenţi din diferite ferite dure din punct de vedere magnetic, ca de exemplu ferita de bariu ($BaO.6Fe_2O_3$). Aceste materiale magnetice sînt fabricate tot prin metalurgia pulberilor. La noi în ţară se fabrică ferite magnetice dure la Uz.Electronica din Bucureşti. Dintre materialele anizotrope pe bază de

ferită de bariu utilizat frecvent la fabricarea magneţilor cu volum redus este aşa numitul baferit.

Observaţie. Menţionăm faptul că în general materialele magnetice tari cu timpul, chiar la temperatura camerei prezintă o scădere a proprietăţilor magnetice (aşa numita îmbătrînire) în special cele durificate prin călire. Acest fenomen este supărător în anumite utilizări ca de exemplu, cazul aparatelor de măsură magneto-electrice. In asemenea cazuri magneţii trebuie să fie îmbătrîniţi artificial, adică stabilizaţi prin tratamente termice speciale.

Ţinînd seama de faptul că şi şocurile mecanice asupra magneţilor permanenţi pot acţiona în sensul slăbirii inducţiei remanente, magnetul poate fi stabilizat şi din acest punct de vedere printr-un tratament mecanic special (după un anumit număr de şocuri), devenind insensibil la şocuri de o intensitate mai redusă.

5.7.7. Oţeluri nemagnetice

Din grupa materialelor nemagnetice fac parte metalele şi aliajele neferoase cum sînt aluminiul şi aliajele de aluminiu, cuprul, alamele, bronzurile, plumbul etc. Deoarece acestea în multe cazuri nu au proprietăţi mecanice suficient de bune sau sînt scumpe pentru fabricarea pieselor respective, sînt înlocuite de către oţeluri sau fonte nemagnetice.

Oţelurile nemagnetice, sînt oţeluri austenitice. Structura austenitică (paramagnetică) se poate obţine prin alierea oţelului în mod corespunzător cu elemente ca: Ni, Mn, Cr, Co, Cu. In diferitele mărci de oţeluri nemagnetice, conţinutul elementelor de aliere variază între următoarele limite: 0,1...0,7% C, 0,3...22% Mn, 0,8...20% Cr, 8...25% Ni. La conţinuturi mari de crom şi nichel aceste oţeluri sînt totodată şi incoxidabile, re-

zistente la acţiunea diferitelor medii corozive. Oţelurile nemagnetice se utilizează îndeosebi la confecţionarea bucşelor şi flanşelor prin care trec cablurile monofazate de curenţi alternativi intenşi, pentru buloanele de strîngere a miezurilor transformatoarelor de forţă, tablouri metalice de distribuţie axele nemagnetice ale maşinilor electrice speciale, cutii pentru busole, periscoape şi alte aparate navale, diferite piese pentru aparate electrice de măsurat etc.

Fontele nemagnetice sînt utilizate în locul oţelurilor nemagnetice cînd condiţiile cu privire la proprietăţile mecanice sînt mai puţin grele, întrucît sînt mai ieftine. Aceste fonte sînt aliate cu aceleaşi elemente de aliere ca şi oţelurile nemagnetice (Ni,Mn,Cr,Co,Cu). Unele date în legătură cu aceste fonte au fost date şi în partea I-a a cursului (vezi capit. 3.6.5.4. pag. 455). Dintre întrebuinţările mai importante ale fontelor nemagnetice menţionăm: diferite capace, carcase,bucşe, pentru întrerupătoare în ulei, cuvele, capacele şi săniile transformatoarelor de sudură,diverse piese pentru electromagneţii macaralelor, şaibele de capăt pentru presarea pachetelor de tole la rotoarele şi statoarele maşinilor electrice, şi altele.

5.7.8. Oţeluri speciale folosite la temperaturi joase

Aceste oţeluri sînt destinate a fi folosite la temperaturi joase pînă la temperatura hidrogenului lichid (20°K... sau -253°C). Se caracterizează prin valori ridicate ale rezistenţei la rupere, asociate cu rezilienţa de valori mari şi au o mare stabilitate structurală.

Pentru a se obţine aceste categorii de oţeluri, eforturile metalurgiştilor s-au concentrat spre oţeluri slab sau

mediu aliate cu o bună sudabilitate, cu bune proprietăţi tehnologice şi cît mai ieftine.

Imbunătăţirea proprietăţilor mecanice se poate realiza prin obţinerea unei structuri cristaline cît mai apropiată de cea perfectă, controlul densităţii dislocaţiilor şi al mişcării acestora, aliere cu elemente care să formeze soluţii solide de substituţie, micşorarea dimensiunii grăunţilor, durificarea prin precipitarea unor faze secundare etc.

Acţionînd asupra unor factori ca: modul de elaborare, compoziţia chimică, tratamentul termic se pot obţine oţeluri de calitate superioară. Elaborarea sub vid înaintat, retopirea în cuptoare cu electrozi consumabili, elaborarea în cuptoare electrice cu cîmp magnetic de dirijarea cristalizării, aliere cu elemente care formează carburi (Cr, W, V, Ti etc), sau cu siliciu, cobalt, aplicarea unor deformări plastice la temperaturi de 5oo°C urmate de călire etc., sînt doar cîteva posibilităţi de ridicare cu 3o...4o% a caracteristicilor mecanice, în raport cu cele obţinute prin procedeele clasice. Actualmente folosirea oţelurilor la temperaturi joase este din ce în ce mai frecventă. Diferitele studii întreprinse tind să mărească atît capacitatea cît şi securitatea instalaţiilor în acest domeniu.

Actualmente se folosesc oţeluri pentru transportul şi stocajul gazelor naturale lichefiate, pentru construcţia avioanelor stratosferice, a rachetelor şi a instalaţiilor din industria chimică şi petrochimică.

In funcţie de temperatura şi condiţiile de lucru se folosesc aliaje uşoare pe bază de cupru sau aluminiu, oţeluri austenitice şi oţeluri feritice aliate cu nichel (2,5...9%) sau aliate cu nichel-cobalt (9% Ni, 4% Co) care au o structură feritomartensitică.

Pînă la temperaturi de -200°C sînt folosite cu succes oţelurile feritice sau ferito-martensitice, iar la temperaturi de sub -200°C se recomandă folosirea oţelurilor austenitice.

Capitolul 6

ALIAJELE NEFEROASE

6.1. Generalităţi

Metalele şi aliajele neferoase, deşi cantitativ reprezintă numai 10% faţă de tonajul produselor siderurgice, din punctul de vedere al proprietăţilor sînt de o importanţă deosebită pentru dezvoltarea tehnicii moderne. Fără ele nu ar fi posibilă crearea noilor materiale speciale pentru industria electrotehnică şi electronică, pentru industria chimică (metale anticorozive şi aliaje refractare), pentru construcţii navale şi aeronautice (aliaje uşoare), pentru tehnica nucleară (materiale fisionabile, de protecţie etc).

Metalele neferoase pure se întrebuinţează destul de rar în industria construcţiilor de maşini, în schimb aliajele metalelor neferoase sînt relativ mai larg folosite datorită proprietăţilor lor fizice, chimice, mecanice şi tehnologice superioare.

Elaborarea aliajelor neferoase se poate realiza prin mai multe metode dintre care cele mai uzuale sînt:

- topirea şi amestecarea componentelor în stare lichidă,
- reducerea concomitentă a oxizilor metalelor respective,
- procedeul electrochimic, în special hidrometalurgic,
- difuziunea care se aplică atunci cînd un metal trebuie acoperit la suprafaţă cu un aliaj al acelui metal.

Dată fiind marea diversitate a metalelor şi aliajelor neferoase în cele ce urmează vor fi prezentate numai aliajele care au căpătat o largă întrebuinţare în industrie cum

sînt: aliajele cuprului (alamele, bronzurile şi alte aliaje), aliajele uşoare de aluminiu şi magneziu, aliajele antifricţiune pentru cuzineţi, aliajele de lipit etc. Tot în acest capitol vor fi prezentate şi „aliajele dure", de turnare şi sinterizate.

6.2. Aliajele cuprului

Cele mai folosite aliaje de cupru sînt: alamele, bronzurile şi aliajele speciale pe bază de cupru.

6.2.1. Alamele

Alamele sînt aliaje ale cuprului cu zincul. Alamele se împart în două grupe principale:

a. alame obişnuite (normale, curente, ordinare sau binare)

b. alame speciale (aliate)

a. Alamele obişnuite

Sînt constituite numai din Cu şi Zn. Alamele conţin practic pînă la 45% Zn. Studiul lor se face cu ajutorul diagramei de echilibru Cu-Zn(fig.6.1).Această diagramă este destul de complexă şi pune în evidenţă existenţa a şase soluţii solide notate cu: α, β, γ, ε, δ, şi η şi cinci transformări peritectice la temperaturile: 905, 833, 695, 594, 423°C (1178, 1106, 968, 867, 696°K).

Faza α este o soluţie solidă de substituţie de Zn în Cu şi poate conţine pînă la 39% Zn la temperatura ordinară. Atomii de zinc substituie atomii din reţeaua cubică cu feţe centrate a cuprului. La încălzire limita de solubilitate nu se modifică pînă la 454°C, iar apoi scade pînă la 32,5% Zn la temperatura peritectică de 905°C. La conţinuturi mai ridicate de Zn apar celelalte faze. Astfel faza β este o soluţie solidă intermediară pe baza compusului electronic CuZn, care are concentraţia electronică 3/2. Ea cristalizează în cub cu volum

centrat neordonat care apoi prin răcire lentă se ordonează la anumite temperaturi.

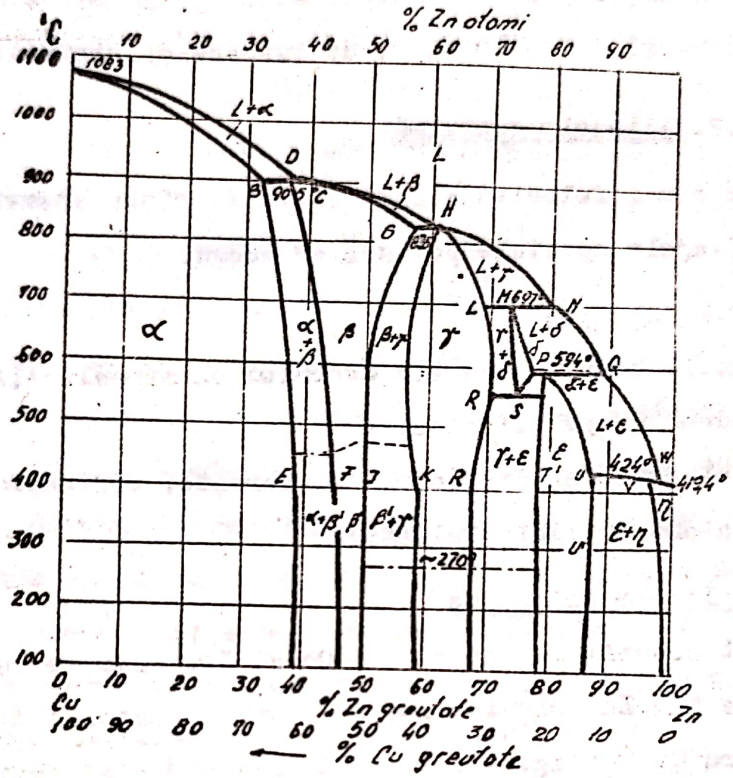


Fig. 6.1.
Diagrame de echilibru Cu-Zn

Astfel la 453...470°C, $\beta \rightarrow \beta'$ o fază ordonată la care atomul de Zn se află în centrul cubului, iar atomii de Cu ocupă colţurile. Soluţia solidă: β este maleabilă la cald, iar soluţia β' este mai dură şi fragilă.

Faza γ este de asemenea o soluţie solidă intermediară, pe baza unui alt compus electronic Cu_5Zn_8 avînd concentraţia electronică 21/13. Faza γ cristalizează în sistemul cubic complex. Este o fază fragilă şi prezenţa ei în structură în proporţie mare face alama fragilă şi nedeformabilă plastic. La răcire la temperatura de 270°C faza $\gamma \rightarrow \gamma'$ o fază ordonată.

Faza δ este un compus intermetalic (electronic), la

care nu se ştie exact formula.

Faza ε este un compus intermetalic de tipul $CuZn_3$, avînd concentraţia electronică 7/4, cu reţea hexagonală compactă.

Faza η este o soluţie solidă de cupru în zinc cu reţea hexagonală compactă.

In alamele tehnice importante sînt numai fazele α şi β'.

Cristalele α sînt moi şi se pot prelucra şi la rece; β' sînt mai dure, alamele care le conţin pot fi prelucrate la cald (în stare de soluţie β).

Cristalele γ sînt casante, făcînd alamele de neîntrebuinţat. In fig. 6.2 se arată variaţia proprietăţilor mecanice ale alamelor în funcţie de compoziţie şi structură.

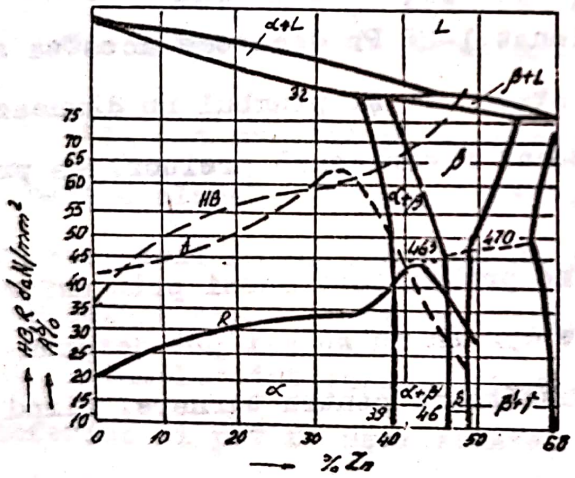


Fig. 6.2.
Variaţia proprietăţilor mecanice ale alamelor în funcţie de conţinutul de zinc şi structură.

Se constată că alamele α (monofazice) şi cele $\alpha + \beta'$ (bifazice) pînă la cca 45% Zn corespund din punct de vedere al proprietăţilor mecanice. Alamele β' şi apoi la procente mai ridicate de zinc odată cu apariţia fazei γ, alungirea, rezistenţa şi rezilienţa scad sensibil, alamele devenind necorespunzătoare.

Alamele α prezintă alungiri mari, rezistenţă bună la rupere, sînt tenace la rece şi pot fi laminate la rece ca şi cuprul pur.

Se observă că pentru conţinuturi de cca 32% Zn, alungirea trece printr-un maxim, aliajul se prelucrează cel mai bine prin deformare plastică la rece, se toarnă bine şi are

un preț de cost mai mic. Pentru aceste considerente alamele industriale conțin de obicei 3o...37% Zn.

Asupra capacității de deformare la cald au o influență dăunătoare impurități ca bismutul și plumbul. Aceasta se datorește separării formațiilor din aceste metale ușor fuzibile, pe marginile grăunților.

Acestea au o influență dăunătoare, însă numai în cazul alamei care nu prezintă transformări fazice (Zn < 32%). La un conținut de zinc peste 32% aceste impurități se așază la cristalizare de asemenea pe marginile grăunților, apoi prin recristalizare $\beta \rightarrow \alpha$ ajunge în interiorul grăunților și nu împiedică prelucrarea prin deformare. Astfel la alamele cu 32% - 38% Zn se poate admite un conținut de plumb în limite mai mari, iar la 38-4o% Zn se introduce intenționat 1-2% Pb deoarece acestea se prelucrează prin deformare în stare β și plumbul nu dăunează deformării plastice și de asemenea favorizează prelucrarea prin așchiere.

Alamele cu 39-4o% Zn se prelucrează numai prin deformare la cald, iar cele cu peste 43% Zn nu se mai pot deforma nici la cald. ele fiind corespunzătoare pentru turnare, fiind alame de turnătorie.

Alamele în care cuprul depășește 8o% se numesc tombac.

Culoarea alamelor este roșie pentru conținuturi mici de zinc, devine galbenă din ce în ce mai deschis pînă la cca 39% Zn și apoi din nou devine roșie pe măsură ce crește conținutul de Zn. Aceasta se datorește apariției constituentului β care are o culoare roșie.

In fig. 6.3 sînt prezentate schematic diferite structuri ale alamelor tehnice obișnuite.

Structuri dendritice se obțin după turnare la răciri insuficient de lente. Prin recoacere se obține o structură omo-

genă. Alamele bifazice $\alpha + \beta'$ au constituentul β' bogat în zinc de culoare închisă.

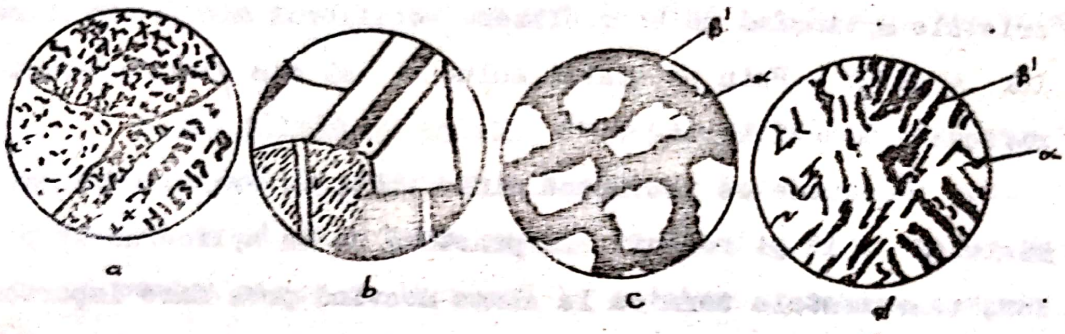


Fig. 6.3
Structura alamelor
a - alamă α , structură dendritică după turnare
b - alamă α laminată şi recoaptă
c - alamă $\alpha + \beta'$ presată la cald
d - alamă $\alpha + \beta'$ structură acicular de turnare.

Aşa cum se vede pe diagrama de echilibru Cu-Zn (fig. 6.1) pentru alamele tehnice liniile lichidus şi solidus sînt apropiate, deci nu au tendinţă de segregaţie, prezintă la turnare retasură concentrată şi au fluiditate bună.

Alamele sînt foarte rezistente la coroziunea agenţilor atmosferici şi pot fi uşor sudate.

Afară de avantajul preţului de cost mai scăzut, alamele sînt mai plastice şi mai rezistente decît cuprul. Totuşi alama cu peste 20% Cu, prezintă un dezavantaj important. Alama ecruisată se corodează dacă este menţinută în atmosferă umedă coroziunea avansînd în interior pe marginile grăunţilor, ceea ce duce la apariţia unor tensiuni, care provoacă fisurarea (coroziunea de fisurare). Alama necruisată, recoaptă nu este supusă acestui fenomen.

Tratamente termice aplicate alamelor. Aşa cum arată diagrama, alamele bifazice pot fi călite. Dacă se face o răcire în apă de la temperaturi de peste 800°C se obţine o struc-

tură formată din soluţia solidă β .

In continuare dacă se aplică o revenire, se va observa că pe măsura ridicării temperaturii se va produce separarea de cristale α tinzînd să se realizeze echilibrul distribuţiei fazelor α şi β . Prin separarea soluţiei α din β se produce durificarea materialului.

Deoarece se întîmpină dificultăţi la prelucrarea materialului călit şi revenit, în practică nu se aplică acest procedeu, tratamentele termice la alame neavînd prea mare importanţă. In mod obişnuit se utilizează recoacerea de recristalizare după tratament mecanic şi uneori recoacere de omogenizare pentru eliminarea segregaţiei dendritice.

b. Alame speciale

Sînt aliaje de cupru-zinc la care s-a adăugat intenţionat unul sau mai multe elemente cu scopul de a modifica caracteristicile mecanice. Unele din elementele adăugate practic nu se dizolvă în metalele de bază (Cu,Zn), cum este cazul plumbului. Plumbul pînă la 3% provoacă fărîmiţarea aşchiilor la strunjire, găurire, reduce frecarea între sculă şi piesă, deci măreşte prelucrabilitatea.

Alte elemente pot forma una sau mai multe combinaţii intermetalice cu zincul sau cuprul. Astfel, staniul, fosforul, se combină cu unul din metalele aliajului şi provoacă mărirea durităţii şi fragilităţii. Staniul face să crească rezistenţa la coroziune a aliajului formînd o peliculă protectoare constituită dintr-o sare bazică de staniu.

Alte elemente de adaos se pot dizolva în componentele aliajului şi ameliorează proprietăţile mecanice.

Alame aliate cu staniu. Se utilizează alame cu adaosuri pînă la 4% Sn. Staniul contribuie la creşterea rezistenţei la

rupere, dar diminuează alungirea. In mod obişnuit se întrebuinţează pentru fabricarea pieselor navale în contact cu apa de mare şi fluvială, un aliaj cu 6o% Cu pînă la 62% Cu, 36-37% Zn şi 1-1,5% Sn .

Alame aliate cu mangan. Manganul măreşte rezistenţa la rupere şi limita elastică a alamelor. Aceste alame conţin pînă la 4% Mn şi se întrebuinţează la fabricarea elicelor navelor şi pentru piese ce lucrează la presiuni interioare mari. Cele mai uzuale alame din această categorie au următoarea compoziţia chimică: 59-6o% Cu, 4o-39% Zn, 1% Mn sau 55-56% Cu, 42-4o% Zn, 3-4% Mn .

Aceste alame se întrebuinţează în stare turnată sau forjată. Alamele în stare forjată prezintă caracteristici mecanice superioare.

Alame aliate cu aluminiu. Aluminiul pînă la un conţinut de 3,5% provoacă mărirea durităţii, a limitei de curgere, a rezistenţei la rupere şi nu micşorează tenacitatea materialului.Mărirea conţinutului de aluminiu face să crească proprietăţile mecanice, dar creşte şi fragilitatea alamei.

Aluminiul îmbunătăţeşte rezistenţa la coroziune şi oxidare. Compoziţiile celor mai utilizate alame cu aluminiu sînt cuprinse în următoarele limite: 58..61%Cu, 4o,5..37,5%Zn , o,3..1,5%Al sau 64..66%Cu, 33..3o%Zn, 1..4%Al.
Aceste alame au aceleaşi întrebuinţări ca şi cele aliate cu mangan.

Alame aliate cu fier. Fierul se adaogă de obicei pînă la 2% şi uneori pînă la 3,5%. Fierul provoacă finisarea structurii şi măreşte tenacitatea alamei. Peste o,4% Fe în alamă favorizează apariţia unui nou constituent FeZn7 care finiseză structura şi măreşte aşchiabilitatea alamei. Cele mai impor-

tante alame aliate cu fier au următoarele compoziţii: 60% Cu; 38% Zn; 2% Fe sau 55% Cu; 43% Zn; 2% Fe .

Aceste alame călite dela 800°C în apă şi apoi revenite la 450..500°C îşi măresc duritatea cu 30..40% .

Alamele aliate cu fier se prelucrează uşor la 500..600°C şi sînt folosite îndeosebi la construcţiile navale.

Alamele aliate cu nichel. Nichelul îmbunătăţeşte rezistenţa la rupere, elasticitatea, alungirea şi rezistenţa la coroziune la temperaturi ridicate. In mod obişnuit se întrebuinţează următoarele calităţi de alame cu nichel prezentate în tabelul 6.1.

Tab.61

Compoziţie chimică %			Stare	Corocteristici mecanice			
Cu	Zn	Ni		R daN/mm²	σ_c daN/mm²	δ %	HB daN/mm²
50,3	43	6,7	turnat	42,2	16,6	31	109
			laminat si recopt	50,6	17,6	46,5	118
47,3	43,4	10,3	turnat	48,3	18,9	31	128
			laminat şi recopt	56,6	25,8	45	137
			ecruisat	71,6	—	14	207
40,4	45,2	14,4	turnat	64,5	40	7	190
			laminat si recopt	60,8	31,3	18,5	170

Menţionăm faptul că în general se întrebuinţează alame aliate complex cu elementele arătate mai sus.

6.2.2. Standardizarea, simbolizarea şi întrebuinţarea alamelor

In funcţie de posibilităţile de prelucrare alamele pot fi împărţite în două grupe mari :

a - alame laminabile şi

b - alame pentru turnătorie.

Aceste alame la noi în ţară sînt standardizate. Astfel :

a - Alamele si tombacurile prelucrabile prin deformare plastică (laminabile) sînt standardizate în STAS 95-75.

Aceste aliaje Cupru-Zinc se clasifică în :

- Alame binare, simbolizate cu literele Am, urmate de un număr indicînd conţinutul mediu de cupru. Mărcile Am96, Am9o, Am85, Am8o sînt tombacuri folosite la ţevi de radiatoare, table şi benzi pentru obiectele emailate. Mărcile Am72, Am7o, Am63 sînt alame livrate sub formă de table, benzi pentru utilizări speciale, sîrmă, profile, ţevi, ţevi pentru condensatoare etc.

- Alame plumboase, Am6o, Am58, conţinînd o,3..3% Pb . Sînt livrate sub formă de ţevi, bare, sîrmă şi table pentru scopuri diverse în special pentru plăci de condensatoare şi radiatoare, bare pentru şuruburi, piese strunjite, profile pentru electrotehnică etc.

- Alame speciale, simbolizate cu AmX urmate de un număr de ordine, fiind standardizate 4 mărci; AmX1; AmX2; AmX3; AmX4, toate fiind alame aliate complexe. Compoziţiile chimice a acestor alame sînt date în standard.

Mărcile AmX1 şi AmX2 se livrează sub forme de bare, profile, elemente presate, forjate, ţevi brute de presă, elemente de construcţii cu solicitări mari.

Mărcile AmX3 şi AmX4 se livrează sub formă de bare pentru bucşe şi lagăre, scaune de ventile, fusuri, inele, colivii de rulmenţi.

Alame pentru ţevi de condensatoare, standardizate, sînt două mărci: AmXSb şi AmXSn care conţin o,ol..o,o3% Sb şi respectiv o,9..1,3 Sn.

b. Alame pentru turnătorie

Sînt standardizate în STAS 199/1-73. - Aliaje cupru-zinc (alame)turnate în blocuri - şi STAS 199-65. - Alamă turnată

în blocuri şi piese. In aceste STAS-uri sînt standardizate nouă mărci de alame cu următoarele simbolizări (simbolurile din paranteze reprezintă notările vechi după STAS 199-65), şi utilizări:

CuZn4oPb (AmT59); turnat centrifugal pentru cochilii de rulmenţi;

CuZn33Pb2 (AmT66 sau AmTO), turnat în nisip, folosit pentru armături obişnuite, piese de ornament, piese diverse fără solicitări mecanice;

CuZn32Pb2 (AmT67 sau AmT1) turnat în nisip, folosit pentru armături care lucrează la presiune pînă la lo atm. Piese turnate uşor solicitate. După STAS 199-65 aceste 3 mărci de alame formează grupa alamelor obişnuite pentru turnătorie, iar următoarele 6 mărci formează grupa alamelor speciale pentru turnătorie:

CuZn4oPbSn (AmXTO), turnat sub presiune, utilizat pentru armături şi elemente solicitate în construcţia de maşini.

CuZn4o Mn2Al (AmXT1), turnat sub presiune, utilizat pentru armături, elemente solicitate la uzură cu conductivitate electrică şi termică bună;

CuZn38Pb2Mn2 (AmXT2), turnat în cochile sau nisip, utilizat pentru lagăre, bucşe şi alte piese de frecare.

CuZn35Mn2FeAlNi (AmXT3), turnat în cochile sau nisip utilizat pentru piuliţe, bucşe, armături care lucrează în condiţiile apei dulci sau apei de mare, elemente mult solicitate în construcţia de maşini.

CuZn4oMn3Fe (AmXT4) turnat în cochile sau nisip utilizat pentru piese simple supuse la eforturi, armături pentru construcţii navale care lucrează pînă la 3oo°C, piese masive, elici etc.

CuZn3oAl5Fe3Mn2 (AmXT5) turnat în nisip utilizat pentru piuliţe pentru presiuni mari pe filet, fusuri cu filet elicoidal, tije filetate etc.

In standardele menţionate se dau indicaţii asupra caracteristicelor, indicaţii privind utilizarea acestor alame, reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare şi de analiză, marcare, ambalare, documente etc.

Astfel, de exemplu referindu-ne la proprietăţile mecanice ale alamelor turnate, ele sînt în funcţie de metoda de turnare aplicată şi variază între următoarele limite :

- rezistenţa de rupere la tracţiune 18..65 daN/mm^2
- alungirea relativă la rupere 2o..6%
- duritate 4o..18o HB

Alamele pentru lipit sînt de asemenea standardizate în STAS 2o4-68 care cuprinde două mărci cu adaosuri de Si şi Sn destinate pentru lipirea alamelor, bronzurilor, precum şi a oţelului şi fontelor. Marca aliajelor pentru lipit cuprinde literele Am urmate de simbolul adaosului cel mai important (Si sau Sn) şi literele Lp (o prescurtare a cuvîntului "lipit").
Cele două mărci sînt:

- Am Si Lp (cu 58..62% Cu; o,2..o,3% Si; rest zinc şi alte impurităţi ca Sn max o,3%; Pb,Fe şi Sb max o,5%) ;
- Am Sn Lp (cu 59..61% Cu; o,2..o,3% Si; o,8..1,2% Sn; restul zinc şi alte impurităţi ca Pb,Fe şi Sb max o,5% .

Temperatura de topire a acestor alame este de cca 9oo°C. Ele sînt turnate în lingouri apoi laminate şi trase în sîrme sau în vergele.

Menţionăm că diferitele produse din alamă, obţinute prin tragere, extrudare, laminare etc., la noi în ţară sînt standardizate. Astfel principalele STAS-uri elaborate privind aceste produse sînt:

- STAS 291-71 Bare rotunde din alamă.
- STAS 292-68 Bare pătrate din alamă.

- STAS 389-7o Bare dreptunghiulare din alame.
- STAS 293-68 Bare hexagonale din alamă.
- STAS 289-73 Table din alamă.
- STAS 243o-68 Plăci din alamă.
- STAS 29o-73 Benzi din aliaje de cupru-zinc (alamă).
- STAS 8649-75 Benzi bimetalice, oţel-aliaj Cupru-Zinc
- STAS 2674-67 Discuri din alamă.
- STAS 521-72 Tevi rotunde, trase din alamă.
- STAS 522-72 Tevi rotunde, trase din alamă pentru condensatoare.
- STAS 39o-7o Sîrmă din alamă.
- STAS 3439-68 Sîrmă din alamă cu nichel pentru arcuri.
- STAS 294-7o Sîrmă şi vergele din alamă pentru lipit.

In aceste standarde se dau indicaţii în legătură cu aceste produse privind condiţiile tehnice de calitate; dimensiuni abateri şi mase, material, compoziţie chimică, caracteristici mecanice şi tehnologice, reguli pentru verificarea calităţii, livrare marcare etc.

6.2.3. Bronzurile

Bronzurile sînt aliaje ale cuprului cu staniul sau cu alte metale în afară de zinc. Ele se împart în două grupe :

a - bronzuri obişnuite (curente sau normale)

b - bronzuri speciale (aliate)

a. Bronzurile obisnuite

Sînt bronzurile cu staniu, unele din cele mai vechi aliaje cunoscute. Studierea acestor bronzuri se face cu ajutorul diagramei de echilibru Cu-Sn, (fig.6.4). Ca şi diagrama Cu-Zn, diagrama de echilibru Cu-Sn este o combinaţie de cîteva diagrame peritectice. Pe diagramă apar 5 soluţii solide(din care trei pe bază de compuşi electronici), 3 peritectice şi un eutectic. Fazele din diagramă sînt :

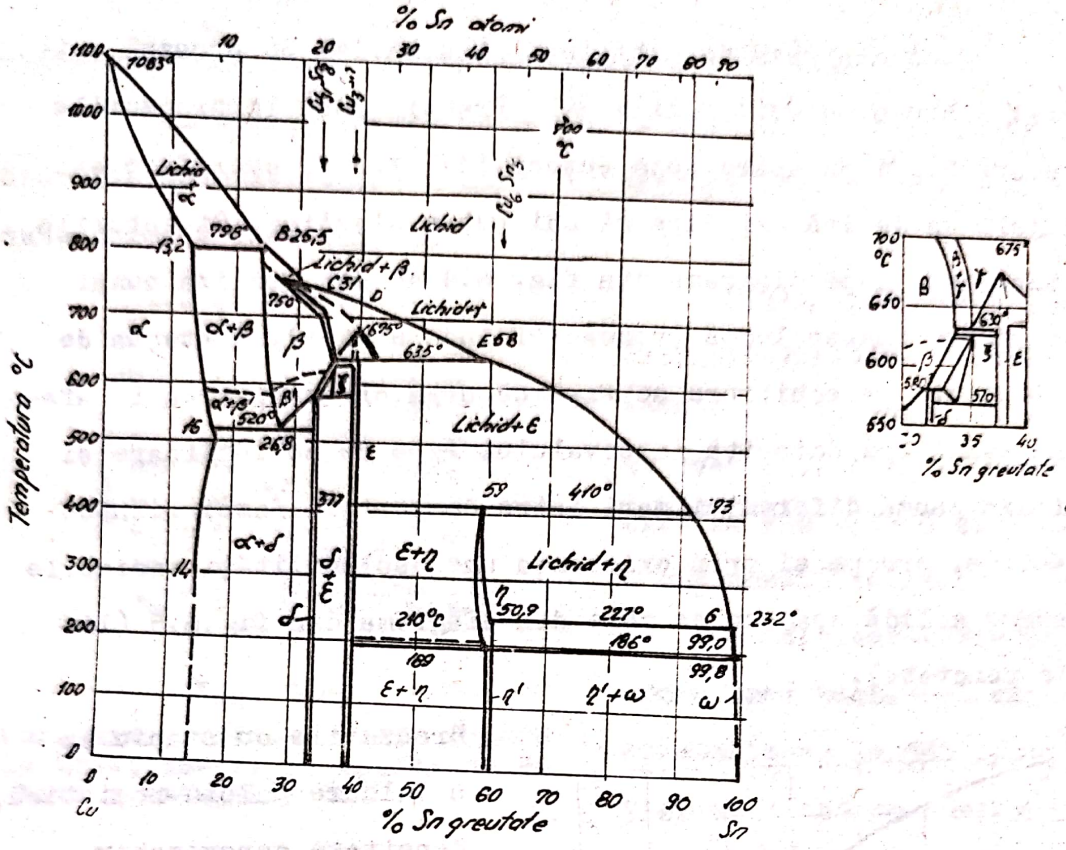


Fig. 5.4

Diagrama de echilibru Cu-Sn

- α soluţie solidă de staniu în cupru. Solubilitatea la temperatura obişnuită este de 14% iar la 520° creşte pînă la 16%.
- β soluţie solidă pe baza compusului electronic Cu_5Sn (raport electronic de 3/2), cu reţea cubică cu volum centrat. Linia punctată indică procesul de ordonare β devenind β'.
- δ este compusul $Cu_{31}Sn_8$ (raport 21/13), cu reţea cubică complexă.
- γ este un compus intermetalic Cu-Sn la care nu se cunoaşte exact participarea celor două elemente.
- ε soluţie de bază de Cu_3Sn (raport 7/4), cu reţea hexagonală compactă.
- η compus intermetalic Cu Sn, apare la conţinuturi ridicate de staniu (cca 60%). Din punct de vedere industrial

importante sînt bronzurile cu maximum 25% Sn, adică bronzurile monofazice α sau bifazice $\alpha + (\alpha + \delta)$. Peste această concentraţie bronzurile devin foarte dure şi fragile nemaiputînd fi utilizate. Faza δ este dură şi fragilă.

După diagrama de echilibru pînă la 14% Sn bronzul este format dintr-o soluţie solidă α . Practic însă în bronzurile cu peste 6..7% Sn apare deja eutectoidul $\alpha+\delta$, care face ca aliajele să devină mai dure şi mai puţin plastice. Structurile de echilibru după diagrama din fig. 6.4 se pot realiza numai prin răcire foarte lentă (recoaceri îndelungate). Abaterea de la structura de echilibru se explică prin cristalizarea în afară de echilibru datorită intervalului mare de solidificare şi deci din cauza diferenţei mari între compoziţia fazei lichide şi solide, precum şi prin existenţa unei solubilităţi variabile în stare solidă aşa cum se vede din diagrama din fig.6.5 (liniile punctate).

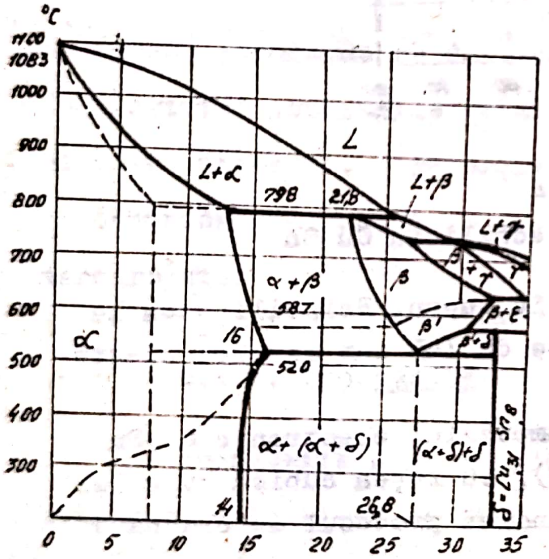


Fig.6.5.
Diagrama Cu-Sn partea ce cuprinde aliajele tehnice folosite în industrie.

Bronzurile cu staniu au o culoare galben-roşietică, densitate aproximativ 8,8 g/cm^3 şi temperatură de topire între 900 - 1000°C. Proprietăţile mecanice ale diferiţilor constituienţi sînt : soluţia solidă α foarte maleabilă la cald şi rece, soluţia solidă δ dură şi fragilă, soluţia solidă ε foarte dură şi foarte fragilă. Proprietăţile mecanice ale bronzurilor industriale vor depinde de proprietăţile fazelor α şi δ şi vor varia în funcţie de proporţia relativă a acestor două faze.

Astfel staniul măreşte duritatea şi rezistenţa cuprului, în timp ce micşorează alungirea relativă, la început în măsură

mai mică, însă de la 5% Sn mai puternic (fig.6.6).

Rezistenţa atinge un maxim la 15% Sn, şi apoi odată cu apariţia soluţiei solide dure şi fragile începe să scadă. Duritatea creşte însă continuu.

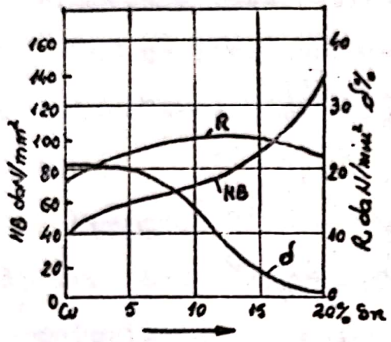


Fig. 6.6.
Duritatea, rezistenţa de rupere la tracţiune şi alungirea relativă a aliajelor Cu-Sn.

Tratamente termice aplicate bronzurilor. Obişnuit bronzurile turnate sînt supuse unor recoaceri de omogenizare la 750°C-780°C timp de 6 ore urmată de răcire încetă, iar cele ecruisate se supun unei recoaceri de recristalizare la 550..600°C timp de 1 oră cu răcire în aer.

Bronzurile bifazice pot fi supuse călirii şi revenirii, analog oţelurilor. Astfel călirea se face de la temperaturi de peste 600°C împiedicînd transformarea eutectoidă deplină sau se aduce faza β la temperatura ambiantă. Ca şi alamele α şi β bronzurile $\alpha+\beta$ călite îşi măresc duritatea după revenire ca urmare a precipitaţiilor.

Bronzurile cu staniu sînt utilizate multilateral în construcţiile de maşini, datorită excelentei lor rezistenţe la coroziune, durităţii şi rezistenţei mecanice înalte, precum şi rezistenţei mari la uzură mecanică. Bronzurile au un coeficient de frecare mic şi datorită durităţii mari a eutectoidului ($\alpha+\delta$) bronzurile cu staniu bogat aliate în stare turnată sînt adecvate pentru fabricarea lagărelor.

Turnabilitatea bronzurilor de staniu este bună, au o fluiditate ridicată, însă spre deosebire de alame, au o puternică tendinţă la formare de segregaţii datorită intervalului mare de solidificare. Astfel în mod obişnuit structura bronzu-

rilor α este dentritică (fig.6.7.a). Structura omogenă se poate obține numai după o recoacere. In ce privește structura bronzurilor bifazice $\alpha+\delta$ aceasta conține eutectoidul bogat în staniu de culoare deschisă între cristalele α bogate în cupru și de culoare mai închisă (fig.6.7.b).

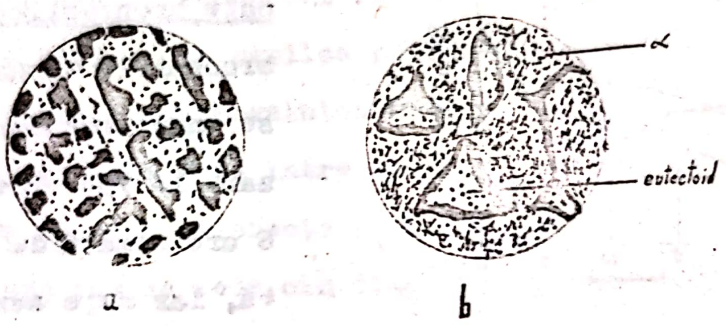


Fig. 6.7
Structura bronzurilor de staniu turnate
a - bronz cu 6% Sn, monofazic, soluția α structură dentritică;
b - bronz cu 10% Sn, bifazic α + eutectoid.

După modul de prelucrare bronzurile cu staniu se împart în două grupe:

- bronzuri laminabile care conțin pînă la 10% Sn ; și
- bronzuri pentru turnătorie cu peste 10% Sn .

Standardizarea, simbolizarea și întrebuințarea bronzurilor. Bronzurile laminabile sînt cele cu structura formată din soluția solidă α și în consecință pot fi prelucrate ușor prin deformare plastică la rece. Cea mai bună rezistență mecanică o prezintă bronzurile cu 6...10% Sn. Din acestea se laminează table, sîrme, bare etc. La noi în țară sînt două calități de bronzuri laminabile standardizate în STAS 93-71 și anume Bz6 cu 6% Sn și Bz8 cu 8% Sn. Simbolul cuprinde prescurtarea Bz a cuvîntului bronz, urmată de cifra 6 sau 8 indicînd conținutul mediu de staniu. Aceste materiale au o rezistență la

tracţiune între 35..5o daN/mm^2, o alungire de 5o..8o% iar duritatea lor variază între 7o..13c HB.

Bz6 se livrează sub formă de table, benzi, bare, sîrmă şi se utilizează pentru arcuri, membrane, lamele arcuitoare, piese de alunecare etc.

Bz8 se livrează sub formă de table, benzi şi se utilizează de obicei pentru arcuri, membrane, elemente pentru industria chimică.

Deoarece bronzurile laminabile livrate sub diferite forme, în urma ecruisajului rezultat la prelucrarea la rece prezintă caracteristici mecanice şi tehnologice care variază în limite largi (date în STAS) sînt notate suplimentar şi cu un simbol al ecruisării: m-moale; 1/2t-semitare; t-tare; ft-foarte tare.

In STAS se dau date privind condiţiile tehnice de calitate, reguli pentru verificarea calităţii, livrare, marcare etc.

Bronzurile pentru turnătorie. Conţin peste 1o% Sn şi au o structură bifazică $\alpha + \delta$. Aceste bronzuri nu pot fi laminate sau trase la rece în schimb prezintă bune proprietăţi de turnare, prezintă o retasură de contracţie mică. Prezenţa particolelor dure de eutectoid, în bronzul turnat, asigură o înaltă rezistenţă la frecare şi din această cauză bronzul cu 1o% Sn şi mai mult este unul din cele mai bune materiale antifricţiune întrebuinţîndu-se pe scară largă ca aliaj de lagăre. Datorită rezistenţei lor chimice ridicate, din bronzuri se confecţionează armături (de aburi şi apă).

Bronzurile pentru turnătorie sînt standardizate în STAS 197-68. După acest STAS bronzul cu staniu după compoziţia chimică se clasifică în 2 grupe şi 9 calităţi după cum urmează:

I. Bronzuri cu staniu cu trei calităţi (mărci)

II. Bronzuri cu staniu-zinc şi staniu-zinc-plumb cu şase calităţi (mărci).

Calităţile de bronz cu staniu, turnat, se simbolizează cu literele Bz şi cifrele care indică conţinutului procentual de staniu urmat de :

- litera T pentru aliajele Cu-Sn.
- literele ZnT pentru aliajele Cu-Sn-Zn şi Cu-Sn-Zn-Pb.

Cele trei calităţi de bronzuri Cu-Sn sînt:

- Bronz pentru turnătorie 14, simbolizat Bz14T cu rezistenţa de rupere la tracţiune minimă (R) de 2o daN/mm^2, alungirea relativă minimă la rupere de 2% şi cu duritatea minimă 85 HB. Este utilizat pentru elemente supuse la uzură. Lagăre pentru maşini unelte. Organe de maşini pentru aparate hidraulice pentru presiuni mari fără şocuri.

- Bronz pentru turnătorie 12, simbolizat Bz12T cu R min. 2o daN/mm^2, alungirea relativă minimă la rupere 6% şi cu duritatea minimă 8o HB. Este întrebuinţat la confecţionarea de melci şi roţi melcate solicitate puternic, piuliţe de ghidare, axe lucrînd sub sarcini mari etc.

- Bronz pentru turnătorie 1o, simbolizat Bz1oT, cu R min.2o daN/mm^3, alungire relativă minimă la rupere de 1o% şi cu duritate minimă de 6o HB. Are întrebuinţări diverse în construcţia de maşini, de aparate şi armături speciale. Cele şase calităţi de bronzuri cu Sn-Zn şi Sn-Zn-Pb sînt :

- Bronz pentru turnătorie CuZn1o simbolizat Bz1oZnT ; cu R min. 2o daN/mm^2 alungire relativă minimă la rupere 1o% şi cu duritate minimă de 6o HB. Se întrebuinţează la armături de presiune care lucrează în condiţii speciale.

- Bronz pentru turnătorie CuZn9, simbolizat Bz9ZnT cu R min, 2o daN/mm^2 , alungirea relativă minimă la rupere 8%,şi cu duritate minimă de 6o HB, utilizat la lagăre pentru material rulant şi armături de presiune.

- Bronz pentru turnătorie CuZn6, simbolizat Bz6ZnT şi-

- Bronz pentru turnătorie CuZn5, simbolizat Bz5ZnT cu R min. 15 daN/mm^2, alungire relativă minimă la rupere 8% şi cu duritate minimă de 60 HB. Utilizate la armături pentru material rulant, piese care lucrează la frecare şi lagăre uşor solicitate.

- Bronz pentru turnătorie CuZn4, simbolizat Bz4ZnT cu R min. 15 daN/mm^2, alungire relativă minimă la rupere 5% şi cu duritate minimă 55 HB, utilizat pentru piese care lucrează la frecare şi lagăre uşor solicitate.

- Bronz pentru turnătorie CuZn3, simbolizat Bz3ZnT, cu R min. 18 daN/mm^2, alungire relativă minimă la rupere 8% şi cu duritate minimă 55 HB. Folosit la armături pentru instalaţii de apă şi abur pînă la 25 daN/cm^2

In STAS se dau date privind condiţiile tehnice, compoziţie chimică, reguli pentru verificarea calităţii, metode de analiză, încercări şi verificări, marcare, documentaţie etc.

Bronzurile în care staniul este parţial înlocuit cu zinc sau respectiv cu zinc şi plumb, cunoscute şi sub denumirea de "bronzuri roşii" sînt mai ieftine dar au rezistenţă mai mică.

Diferitele impurităţi din bronzuri ca: Zn, Pb, Ni, Mn, Sb, Si, Al, As, Bi provin din materia primă, deşeuri, dezoxidanţi, fondanţi şi din căptuşeala cuptorului în care se elaborează bronzul. Dintre aceste impurităţi numai Al şi Bi sînt dăunătoare proprietăţilor bronzurilor de staniu, ele scad rezistenţa, favorizează formarea grăunţilor grosolani şi produc porozitatea.

b. Bronzuri speciale

Aliajele Cu-Sn cu importante adaosuri de zinc, plumb, fosfor, aluminiu, beriliu, mangan, siliciu etc. care le îmbunătăţesc proprietăţile, sau aliajele cuprului cu unele din a-

ceste elemente se numesc bronzuri speciale.

6.2.4. Bronzuri de aluminiu

Aliajele Cu-Al tehnice conţin între 5-10% Al. Ele au proprietăţi mecanice şi tehnologice bune . Diagrama de echilibru (fig.6.8) a acestor aliaje arată interval redus de solidificare, deci fluiditate mare şi retasură de contracţie concentrată.

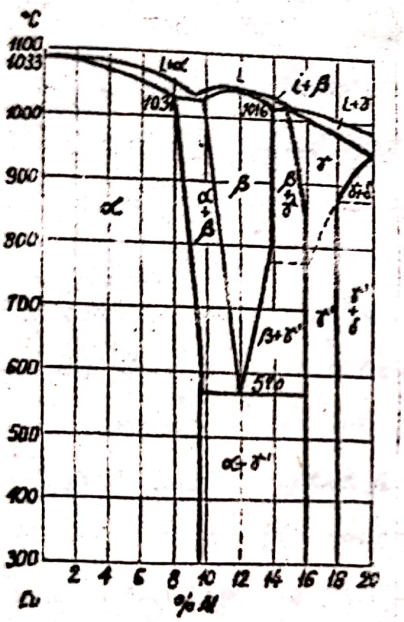


Fig. 6.8
Diagrama de echilibru Cu-Al.

Aliajele Cu-Al cu peste 10,5% Al , nu sînt folosite întrucît sînt prea dure şi fragile. Practic interesează bronzurile monofazice α (0-9,8% Al) şi bronzurile bifazice pînă la maxim 10,5% Al, formate din fazele α şi $\alpha + (\alpha + \gamma')$ eutectoidul rezultînd din descompunerea fazei β la 570°C. Bronzurile bifazice aşa cum rezultă din diagrama Cu-Al (fig. 6.8) pot fi călite şi revenite. Astfel prin răcire rapidă, faza β se suprarăceşte şi descompunerea ei este însoţită de formarea unor particole $\alpha + \gamma'$ mai disperse, adică eutectoidul devine mai fin şi mai dur pe măsura creşterii vitezei de răcire.

La răcirea peste o anumită viteză critică (răcire în apă) se formează o structură aciculară de tip martensitic dacă facem analogia cu oţelul. In figura 6.9.a şi b, se prezintă spre exemplificare microstructurile tipice ale bronzurilor de aluminiu bifazice obţinute la răcire lentă sau respectiv după

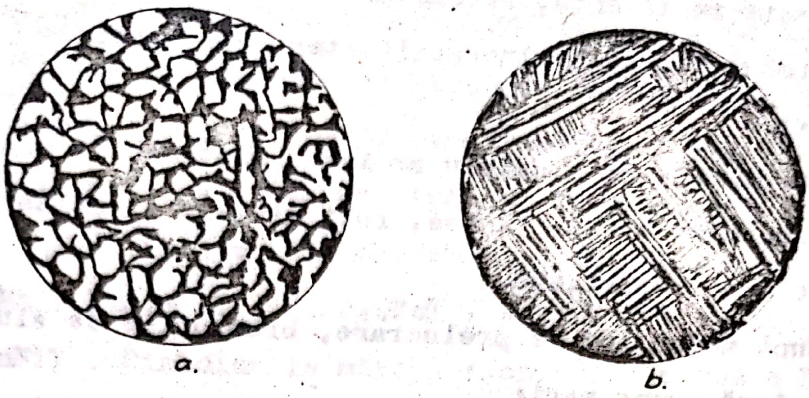


Fig. 6.9

Microstructura bronzului de aluminiu cu 10,5% Al.

a - după răcire înceată de la 900°C (α + eutectoid)

b - după răcire rapidă de la 900°C (structură martensitică) (100 x)

călire în apă.

In primul caz structura este hipoeutectoidă şi este compusă din cristale α (de culoare deschisă) şi eutectoidul $\alpha + \gamma'$ (de culoare închisă). In cazul al doilea avem o structură de martensită a bronzului de aluminiu.

Rezistenţa mecanică a bronzurilor de aluminiu creşte cu conţinutul de aluminiu de la 26 daN/mm^2 pentru 4% Al la 50..60 daN/mm^2 pentru 10% Al. Această rezistenţă poate fi îmbunătăţită printr-un tratament termic de călire şi revenire. Bronzurile de aluminiu sînt rezistente la uzură, au o bună conductibilitate electrică şi termică, au proprietăţi antifricţiune mai slabe decît bronzurile cu staniu. In ceea ce priveşte rezistenţa la coroziune, bronzurile de aluminiu sînt mult superioare atît bronzurilor de staniu cît şi alamelor şi metalelor uşoare.

Menţionăm că în industrie sînt utilizate şi bronzurile de aluminiu complexe cu adaosuri de Mn, Fe, Ni şi Pb, elemente care în general îmbunătăţesc proprietăţile. Astfel fierul îmbunătăţeşte rezistenţa şi rezistenţa la cald.

Manganul măreşte rezistenţa dar scade fluiditatea. Nichelul

îmbunătăţeşte rezistenţa, refractaritatea şi rezistenţa la coroziune. Plumbul ridică prelucrabilitatea prin aşchiere (aşchiabilitatea) etc.

Bronzurile de aluminiu se întrebuinţează la confecţionarea diferitelor bucşe, flanşe, roţi dinţate şi multe alte piese mici de mare importanţă.

După modul lor de prelucrare, bronzurile de aluminiu se împart în două grupe mari:

- Bronzuri laminabile şi
- Bronzuri pentru turnătorie.

Bronzurile de aluminiu laminabile

Aceste bronzuri cu aluminiu fără sau cu adaosuri de îmbunătăţire: Fe, Mn, Ni pot fi prelucrate prin deformare plastică atît la cald cît şi la rece şi se livrează de obicei sub formă de bare, table, benzi etc.

La noi în ţară aceste bronzuri sînt standardizate în STAS 203-68, care cuprinde trei mărci cu următoarele simboluri şi denumiri: BzAl5, denumit bronz de aluminiu laminabil 5 ; BzAl1o, bronz cu aluminiu laminabil 1o; şi BzAl1oFe3, bronz cu aluminiu 1o şi fier 3. Simbolizarea acestor mărci cuprinde literele BzAl urmate de conţinutul mediu al aluminiului şi de simbolul elementului de aliere (Fe) urmat de conţinutul mediu al elementului de aliere. In STAS se dau date asupra acestor mărci privind compoziţia chimică, caracteristici mecanice, indicaţii de utilizare, reguli pentru verificarea calităţii, livrare, marcare, ambalare, documentaţie etc.

Bronzurile de aluminiu pentru turnătorie

Au o turnabilitate bună. Prezintă inconvenientul că în stare topită se oxidează uşor şi prezintă o contracţie mare de pînă la 3%. Aceste bronzuri se pretează bine la turnarea în

cochile.

La noi în ţară bronzurile cu aluminiu pentru turnătorie sînt standardizate în STAS 198-67 care cuprinde 6 mărci.Dintre acestea BzAl9T este un bronz cu aluminiu obişnuit(binar)pentru turnătorie, iar celelalte sînt bronzuri cu aluminiu cu adaos de Fe, Ni şi Mn ; BzAl8FeT ; BzAlloFeT ; BzAl9FeNiT ; BzAlloMnT şi BzAl8MnNiT . Simbolurile mărcilor cuprind literele BzAl urmate de conţinutul mediu al aluminiului, simbolurile elementelor de aliere şi de litera T (turnat). Caracteristicile minime ale acestor aliaje după cum se arată în STAS variază între următoarele limite : rezistenţa la rupere la tracţiune 35..5o daN/mm^2, alungirea 2o..13% şi duritatea 8o..12o HB . Aceste bronzuri avînd rezistenţă mare la coroziune, se utilizează pentru piese turnate pentru industria chimică şi alimentară, pentru construcţia navală (fiind foarte rezistente la acţiunea apei de mare) pentru armături rezistente la acizi şi avînd rezistenţă mecanică mare, piese pentru industria petrolieră şi minieră armături pentru aburi supraîncălziţi, piese de uzură, saboţi de alunecare; roţi dinţate melci şi roţi melcate, elice de vapoare,palete de turbină etc.

In STAS se dau şi alte indicaţii în legătură cu: reguli de verificare a calităţii acestor bronzuri, metode de analiză, încercări, marcare, documente de livrare etc.

6.2.5. Bronzuri de plumb

Sînt alcătuite din cupru şi plumb conţinînd adeseori şi elemente destinate să le mărească rezistenţa, îndeosebi staniu, zinc, nichel. Aceste bronzuri sînt folosite ca materiale antifricţiune de calitate superioară, (îndeosebi pentru cuzineţi de alunecare) putînd înlocui cu succes aliajele anti-

frictiune cu Sn deficitare (aliajele Pb-Sn, bronzurile de staniu). Deoarece cuprul şi plumbul sînt insolubile în stare solidă aşa cum arată diagrama de echilibru Cu-Pb (fig.6.1o), structura bronzurilor cu plumb este compusă dintr-o bază de cupru (de culoare deschisă) în care sînt înglobate picături (grăunţi) de plumb de culoare închisă repartizate neregulat.

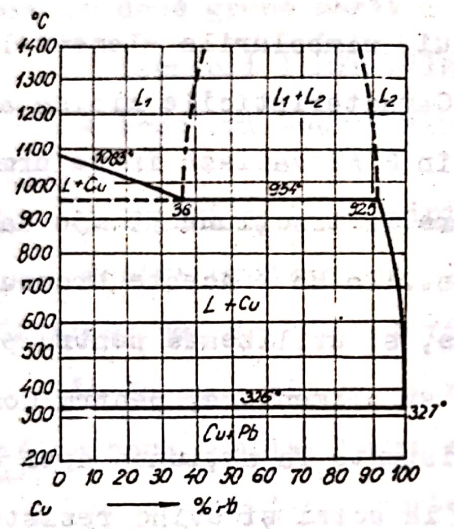


Fig. 6.1o
Diagrama de echilibru Cu-Pb.

In cazul unor conţinuturi mari de plumb (peste 3o%) în structură apar segregări apreciabile, plumbul înconjoară dendritele de cupru care sînt destul de dezvoltate. Se recomandă ca repartizarea plumbului în matrice să fie cît mai uniformă. Segregarea şi dispersia grosolană a plumbului se combat printr-o răcire rapidă şi prin adăugarea de 1-2% Ni. Bronzul de plumb avînd o rezistenţă mecanică foarte scăzută (6 daN/mm^2) se toarnă de obicei în carcase (bucşe) protectoare de oţel moale, curăţată şi preîncălzită de care se leagă prin difuziune. Adăugarea de 2-11% Sn măreşte rezistenţa. Fierul şi aluminiul înrăutăţesc proprietăţile de turnare. Bronzurile cu plumb pentru turnătorie la noi în ţară sînt standardizate în STAS 1512-75 care cuprinde 6 mărci simbolizate după cum urmează:

Cu Pb 25; Cu Pb 2o Sn 5; Cu Pb 15 Sn 8; Cu Pb 1o Sn 1o;
Cu Pb 7 Sn 7 Zn 3; Cu Pb 5 Sn 1o;
Simbolizarea cuprinde simbolul chimic al metalului de bază, urmat de simbolurile chimice ale principalelor elemente de aliere şi conţinuturile lor medii, în procente.

După STAS caracteristicile mecanice minime a acestor mărci variază între următoarele limite : rezistenţa la rupere la tracţiune 5 . . . 24 daN/mm^2 alungirea 2,5 . . . 14 % şi duritatea 23 . . . 80 HB .

Avînd proprietăţi de alunecare foarte bune şi prezentînd totodată rezistenţă la coroziune, bronzurile cu plumb se folosesc pentru: lagăre pentru motoare cu ardere internă, lagăre pentru turbine, pentru locomotive, pentru pompe etc., piese rezistente la coroziune pentru industria chimică, piese şi armături cu bună rezistenţă la acizi, lagăre pentru maşini unelte şi altele. In standard se dau date detaliate în legătură cu aceste bronzuri privind compoziţia chimică, caracteristici mecanice indicaţii de utilizare, reguli pentru verificarea calităţii, metode de analiză, încercări şi verificări, marcarea, ambalarea, documente etc.

6.2.6. Bronzuri de Beriliu

Bronzurile cu beriliu folosite în industrie conţin între 2-3% Be. După cum se vede pe diagrama de echilibru Cu-Be (fig. 6.11) solubilitatea beriliului în cupru scade de la 2,1% la temperatura de 864°C pînă la 0,2% la temperatura ambiantă. Astfel aliajele tehnice de Cu-Be pot fi tratate termic durificîndu-se puternic prin precipitare. Tratamentul constă în călire de la 800°C urmat de revenire (îmbătrînirea) la 300°..350°C. Se ajunge astfel la rezistenţe foarte ridicate R=150 daN/mm^2, durităţi de 300..400 HB i alungirea de 2,3%. (In stare recoaptă, R aprox. 50 daN/mm^2, alungirea aprox. 45% şi duritatea aprox. 110..130 HB.

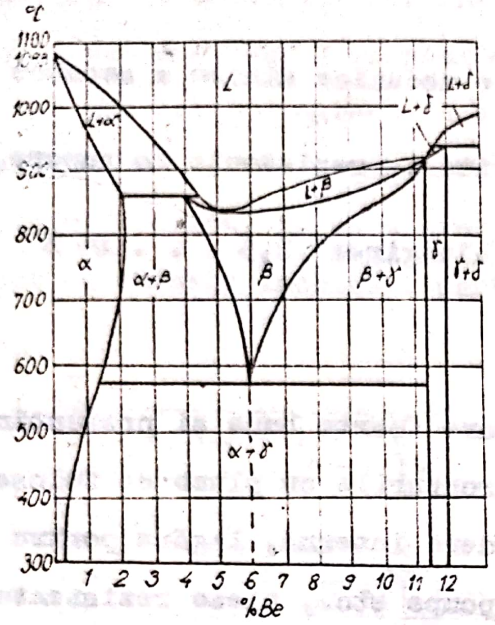


Fig.6.11
Diagrama de echlibru Cu-Be
Porţiunea cuprului

Prin aliere cu nichel caracteristicile mecanice se îmbunătăţesc şi mai mult. In stare călită, aceste bronzuri sînt plastice ($\alpha+\beta$ suprarăcit) şi se prelucrează bine prin presare. Bronzurile cu beriliu se remarcă prin rezistenţă mecanică şi la uzuri ridicate, elasticitate mare, sudabilitate, prelucrabilitate bună prin aşchiere şi prin rezistenţă mare la coroziune.

Aliajele Cu-Be sînt utilizate pentru lagăre speciale, pentru piese supuse la uzură, pentru piese de ceasornice nemagnetice, în industria electrotehnică, pentru diferite piese cu proprietăţi mecanice superioare, cum sînt arcurile conducătoare, port-periile, contactele de priză, contactele glisante, cuţitele de întrerupătoare etc. De asemenea sînt utilizate pentru fabricarea sculelor care nu produc scîntei prin lovire, folosite în lucrările miniere şi în uzinele chimice unde există pericol de explozie. Utilizarea mai largă a acestor bronzuri este limitată de preţul lor foarte ridicat.

6.2.7. Bronzuri de siliciu

Bronzurile cu siliciu conţin pînă la cca 4% Si. Siliciul măreşte rezistenţa şi fluiditatea însă măreşte şi contracţia. Aceste bronzuri se folosesc ca înlocuitori ai bronzurilor de staniu. Se remarcă prin rezistenţa mare la coroziune.

Proprietăţile mecanice şi compactitatea pieselor turnate din aceste bronzuri sînt ridicate, prezintă însă o retasură de contracţie mare. Aceste bronzuri pot fi sudate bine. Prin alierea acestor bronzuri şi cu alte elemente ca Zn, Ni, Mn, Pb proprietăţile mecanice şi tehnologice pot fi îmbunătăţite, (proprietăţile de turnare, rezistenţa la uzură în condiţii grele etc).

6.2.8. Bronzuri de mangan

Conţin pînă la 15% Mn. Bronzurile cu conţinuturi mari de Mn sînt valoroase prin faptul că îşi păstrează rezistenţa mecanică şi la temperaturi relativ ridicate pînă la 400..450°C, şi ca urmare se întrebuinţează pentru conducte şi armături de aburi supraîncălziţi, a ventilelor etc. Pentru piese de maşini se utilizează bronzuri cu 5-6% Mn, iar în cazul pieselor solicitate se mai adaugă şi alte elemente ca: zinc pînă la 10%, aluminiu pînă la 10%, siliciu pînă la 3%, nichel pînă la 4% .

6.2.9. Bronzuri cu zinc

Zincul micşorează intervalul de solidificare, micşorează tendinţa de retasură dispersată (porozitatea), măreşte fluiditatea, în schimb reduce proprietăţile de antifricţiune, diminuiază rezistenţa la rupere şi limita elastică şi măreşte alungirea. Adăugarea zincului face să scadă preţul de cost al aliajului. In general cantitatea de zinc variază de la 1..12%. Mărcile de bronz cu Sn-Zn; Bz10ZnT şi Bz9ZnT din STAS 197-68, cu conţinutul mediu de 2%, respectiv 5% zinc pot fi considerate ca bronzuri speciale cu zinc. Iar mărcile Bz6ZnT (cu 4% Zn şi aprox. 4% Pb); Bz5ZnT (cu aprox. 5% Zn şi aprox. 5% Pb) ; Bz4ZnT (cu aprox. 4% Zn şi aprox. 17% Pb) ; şi Bz3ZnT (cu aprox. 11% Zn şi aprox. 4% Pb) din acelaşi STAS sînt de fapt bronzuri speciale cu Zn şi Pb.

6.2.10. Bronzuri fosforoase

Fosforul este un dezoxidant energic şi măreşte duritatea aliajului dînd naştere la unele combinaţii chimice. Deoarece bronzurile întotdeauna conţin Cu_2O şi SnO_2 care înrăută-

ţesc proprietăţile mecanice, provocînd fragilitatea materialului, prezenţa fosforului în bronz este utilă deoarece se combină cu oxigenul dînd naştere la fosfaţi care se separă.

In unele cazuri excesul de fosfor măreşte fragilitatea bronzului, în alte cazuri ca de exemplu în bronzurile utilizate pentru lagăre se adaugă din contra un exces de fosfor care formează un eutectoid complex cu componenţii normali ai aliajului şi creşte astfel duritatea.

Menţionăm că diferite produse, din bronzuri obţinute prin turnare sau laminare, la noi în ţară sînt standardizate astfel:

- STAS 2841-68 Bare turnate din bronz
- STAS 8149-68 Bucşe turnate din bronz
- STAS 94 - 67 Table şi benzi

In aceste standarde se dau indicaţii în legătură cu aceste produse privind condiţiile tehnice, forme şi dimensiuni, reguli pentru verificarea calităţii, ambalarea, marcarea, documente etc.

6.2.11. Alte aliaje de cupru

a - Aliaje Cupru-nichel

Cuprul şi nichelul sînt solubile între ei în orice proporţie, formînd o singură soluţie solidă de substituţie. Acest comportament se explică şi prin aceea că cele două metale au practic acelaşi diametru atomic şi aceeaşi reţea cristalină cubică cu feţe centrate cu parametrii reţelei aproape egali ($a=3,50$ Å pentru Cu şi $a=3,52$ Å pentru Ni).

Adaosul de nichel în cupru face să crească lent rezistenţa la rupere, limita elastică iar alungirea scade pînă la adaosuri de 50% Ni. Conductibilitatea electrică trece printr-un minim şi duritatea printr-un maxim pentru aliajul cu 50% Ni.

Aliajele Cupru-nichel sînt foarte maleabile şi au o remarcabilă rezistenţă la coroziune, de asemenea sînt sensibile la ecrudisare, limita lor elastică putînd fi dublată, în timp ce alungirea scade.

Dintre aliajele Cu-Ni utilizate amintim :

- Constantanul cu 40...45% Ni şi restul Cu .
- Nichelina cu 32% Ni şi restul Cu .
- Manganina cu 41% Ni, 1% Mn şi restul Cu .

Aceste trei aliaje sînt folosite în electrotehnică ca aliaje cu rezistivitate electrică ridicată.

Aliajele maillechort - cu 15...30% Ni şi restul Cu au o rezistenţă bună la temperaturi ridicate şi la coroziune, sînt utilizate pentru fabricarea ţevilor de condensatoare şi a pieselor de maşini care lucrează în medii corozive şi la temperaturi ridicate.

Aliajul Monel conţine 66...68% Ni, 27...30% Cu şi 4...5% alte elemente ca: Mn, Fe etc. Este un aliaj cu bune proprietăţi mecanice, cu o foarte bună rezistenţă la coroziune atît la rece cît şi la cald în diferite medii corozive ca: apa de mare, vapori de apă supraîncălziţi, soluţii acide sau bazice, soluţii oxidante, diferiţi coloranţi etc. In consecinţă se utilizează la diferite piese expuse la coroziune pentru industria chimică, a armăturilor, a unor piese în construcţiile navale, la fabricarea paletelor de turbine etc. Se foloseşte de asemenea sub formă de electrozi la sudarea fontelor la rece.

b - Aliaje Cu-Ni-Zn

Aceste aliaje pot fi considerate ca alame cu nichel. Ele conţin 40...60% Cu, 30...35% Zn şi 10...25% Ni, şi în general sînt numite alpaca.

Aceste aliaje se pot prelucra bine prin deformare plastică la cald sau la rece (laminare, forjare, ambutisare, tre-

filare, ştanţare etc) şi au o bună rezistenţă la coroziune. La noi în ţară aceste aliaje sînt standardizate în STAS 1o96-74, - Aliaje Cu-Ni-Zn (alpaca) deformabile.- Mărci şi condiţii tehnice de calitate. Acest standard se referă la aliajele de Cu-Ni-Zn destinate a fi prelucrate la cald sau la rece, în table, benzi, bare, sîrme etc .

In afară de denumirea de alpaca aceste aliaje sînt cunoscute şi sub denumirile de: Neusilber, Maillchort, Argentan, Packfong etc.

Mărcile aliajelor Cu-Ni-Zn se notează prin simbolul chimic al metalului de bază (Cu), urmat de simbolurile chimice ale celorlalte elemente componente şi de conţinuturile medii a acestora în aliaj. Standardul cuprinde cinci mărci de alpaca denumite şi simbolizate după cum urmează:

- Cu Ni 18 Zn 2o (APC 61.18)
- Cu Ni 18 Zn 27 (APC 55.18)
- Cu Ni 15 Zn 21 (APC 64.12)
- Cu Ni 12 Zn 12
- Cu Ni 1o Zn 27.

In paranteză sînt date notările vechi.

In standard se dau date în legătură cu aceste aliaje privind condiţiile tehnice: compoziţie chimică, caracteristici mecanice şi tehnologice, reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare şi încercare, marcare, ambalare, documente etc. In STAS 1178-71 Table şi benzi din aliaje Cu-Ni-Zn (Alpaca), se dau date privind dimensiunile acestor produse.

Aliajele Cu-Ni-Zn sînt utilizate pentru diferite piese la diferite aparate şi instrumente, aparate de fizică, rezistenţe electrice pentru instrumente de măsură şi reostate, tacîmuri, articole de artă, ceasornicărie etc.

6.3. Aliajele aluminiului

Aluminiul datorită proprietăţilor sale fizice, chimice, mecanice şi tehnologice are numeroase întrebuinţări. El este

utilizat în mod deosebit la fabricarea unor aliaje foarte mult apreciate în industria constructoare de maşini.

După cum se ştie prin ecruisarea aluminiului se ridică rezistenţa la rupere, limita elastică, duritatea, dar scade plasticitatea. Practic efectele ecruisajului sînt limitate, astfel de exemplu nu este posibil decît cel mult dublarea rezistenţei la rupere, peste care apare o fragilitate inacceptabilă. Impurităţile principale ale aluminiului sînt: siliciul şi fierul provenind din bauxita de la elaborare. Aceste elemente pot forma compuşi care măresc fragilitatea.

Cu scopul de a îmbunătăţi proprietăţile mecanice ale aluminiului s-au întreprins cercetări şi s-au elaborat diferite aliaje. S-a constatat că elementele de adaos care se dizolvă în aluminiu, ridică tenacitatea grăunţilor. La conţinuturi mici de elemente de aliere soluţia solidă este stabilă şi proprietăţile mecanice practic sînt egale cu ale aluminiului. In cazul conţinuturilor mai ridicate cînd limita de solubilitate variază cu temperatura soluţia sclidă poate să fie în echilibru nestabil la temperatura ambiantă şi este posibil să fie durificată.

La elaborarea aliajelor pe bază de aluminiu în afară de îmbunătăţirea proprietăţilor mecanice se iau în considerare şi alte proprietăţi sum sînt: conductivitatea electrică, aptitudinea de deformare plastică la rece, sudabilitatea, rezistenţa la cald, turnabilitatea, rezistenţa la coroziune etc. Aliajele de aluminiu, cu greutatea specifică 2,7 - 2,9; se numesc aliaje uşoare.

6.3.1. Clasificarea aliajelor de aluminiu

Aliajele de aluminiu folosite în industrie pot fi clasificate după mai multe criterii. Astfel:

- după numărul componenţilor pot fi: binare, ternare

sau polinare;

- după posibilităţile de prelucrare se împart în două grupe mari: aliaje de aluminiu deformabile (laminabile) şi aliaje de aluminiu pentru turnătorie. (vezi cap.6.3.2 şi 6.3.3.)

Limita dintre aceste două tipuri de aliaje este limita de saturare a soluţiei solide la temperatura eutecticului în cazul sistemului binar Al - element de aliere cu solubilitate parţială (fig.6.12).

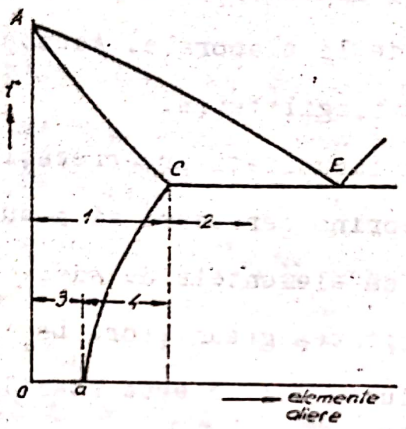


Fig. 6.12
Clasificarea aliajelor de aluminiu după diagrama de echilibru binar:
1-aliaje deformabile (laminabile); 2-aliaje pentru turnătorie; 3-aliaje care nu se durifică prin tratament termic; 4-aliaje care se durifică prin tratament termic.

S-a luat drept bază pentru clasificarea aliajelor de aluminiu această diagramă întrucît, aliajele de aluminiu se obţin în mod obişnuit prin adăugarea în aluminiu a unor elemente cum sînt : Cu, Si, Mg, Zn, Mn (principalele elemente de aliere), mai rar elemente ca: Ni, Fe, Cr, Ca şi cu adaosuri mici de Ti, Na şi altele care îmbunătăţesc aliajele de aluminiu, elemente care în mare parte formează cu aluminiu sisteme binare cu solubilitate parţială.

In practică de obicei se folosesc aliaje complexe de

aluminiu, acestea însă de obicei au la bază sistemele binare; Al-Cu; Al-Si; Al-Mg; Al-Zn; Al-Mn. Proprietăţile lor variază foarte mult în funcţie de compoziţie şi de prelucrare, totuşi în majoritatea aliajelor complexe, proprietăţile principale ale aliajelor binare se conservă mai mult sau mai puţin.

Aşa cum se vede pe fig. 6.12, aliajele cu eutectic aflate dincolo de limita de saturaţie sînt aliaje pentru turnătorie. Condiţiile de cristalizare a acestor aliaje la formarea eutecticului, adică solidificarea la temperatură constantă asigură proprietăţi bune de turnare (fluiditate, umplere bună a formei). Aliajele aflate înaintea limitei de saturaţie la care se obţine o stare monofazică prin încălzire au plasticitate bună la cald.

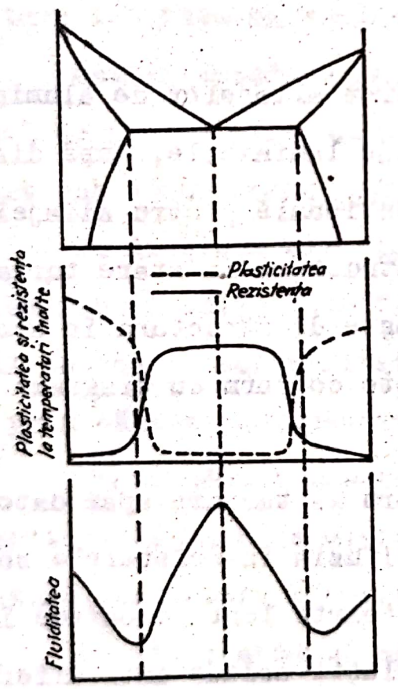


Fig. 6.13
Proprietăţile tehnologice ale aliajelor sistemelor cu doi componenţi care formează diagrame cu solubilitate limitată.

In fig. 6.13 se reprezintă schematic variaţia principalelor proprietăţi tehnologice ale aliajelor în diagrama cu solubilitate limitată.

Concentraţia componenţilor, la aliajele pentru turnătorie, trebuie să depăşească solubilitatea limită la temperatură înaltă. Aceasta este necesar în primul rînd, pentru crearea unei rezistenţe suficiente la temperaturi înalte, astfel ca tensiunile interne, de neînlăturat la o piesă turnată şi nerecoaptă, să nu provoace formarea fisurilor. In al doilea rînd cu cît aliajul conţine mai

mult eutectic, cu atît fluiditatea sa este mai bună. Totuşi aliajele pentru turnătorie nu trebuie să conţină o cantitate prea mare de eutectic (cel mult 15-20% din volum) deoarece prezenţa acestuia duce la înrăutăţirea proprietăţilor mecanice.

Toate aliajele pentru turnătorie se pot durifica prin tratament termic, însă gradul de durificare este cu atît mai mic cu cît aliajul este mai aliat, deci conţine mai mult eutectic.

Aliajele laminabile se împart în aliaje care se durifică şi aliaje care nu se durifică prin tratament termic. Limita teoretică între aceste aliaje este limita de saturare la temperatura obişnuită, practic însă, aliajele a căror conţinut în elemente depăşeşte cu puţin această limită, aproape nu se durifică în urma tratamentului termic.

Menţionăm faptul că împărţirea aliajelor de aluminiu în aliaje pentru turnătorie şi aliaje laminabile, după diagrama de echilibru, este oarecum convenţională pentru aliajele pentru turnătorie reale, deoarece structura în stare turnată şi în afară de echilibru se deosebeşte de structura în stare de echilibru care ar trebui să existe conform cu diagrama de echilibru.

Stările în afară de echilibru la turnare apar datorită condiţiilor de cristalizare, cînd difuzia în cristalele solide nu se produce deloc sau se produce foarte lent. Deoarece însă practic, viteza de difuziune în soluţii solide este diferită de zero, aliajele cu concentraţie apropiată de componenţii puri nu au structură de eutectic în stare turnată. Aliajele cu o compoziţie care se apropie de limita de saturare a soluţiei solide la temperatură înaltă, au întotdeauna cantităţi importante de eutectic, adică în stare turnată au o structură neo-

mogenă de soluţie solidă + eutectic. Astfel de aliaje pot constitui aliaje pentru turnătorie deosebit de bune. Totodată, pot fi supuse şi la prelucrări prin deformare plastică, deoarece aliajul poate fi adus în stare de echilibru prin recoacere, deci în stare monofazică la temperatură înaltă.

6.3.2. Aliajele de aluminiu deformabile. Aliajele aluminiu-Cupru. Diagrama de echilibru şi tratamente termice

După cum s-a amintit mai sus majoritatea diagramelor binare de echilibru ale aluminiului cu diferite elemente de aliere folosite la elaborarea aliajelor de aluminiu, prezintă în domeniul aliajelor cu conţinut foarte ridicat de aluminiu, o solubilitate limitată şi variabilă a acestor elemente în aluminiu.

Astfel aceste aliaje pot fi tratate termic prin călire urmată de îmbătrînire naturală sau artificială, tratament cunoscut sub denumirea de durificare prin precipitare.

In diagrama din fig. 6.14 se dau curbele de saturaţie a aluminiului solid cu diferite elemente, formînd cu acestea soluţii solide cu solubilitate variabilă care pot fi tratate termic prin călire şi îmbătrînire.

Menţionăm că efectul tratamentului termic este foarte diferit şi depinde de variaţia solubilităţii în funcţie de temperatură, de natura elementelor dizolvate şi de alţi factori.

Ca şi la studiul tratamentului termic al oţelului, la care s-a studiat la început tratamentul termic al oţelului carbon, după care s-a trecut la studiul tratamentului termic al oţelurilor aliate, şi la studiul aliajelor de aluminiu se va studia întîi tratamentul termic al aliajelor binare de aluminiu-cupru, după care se va trece la studiul aliajelor mai complexe. Remarcăm faptul că principiile stabilite pentru aliajele

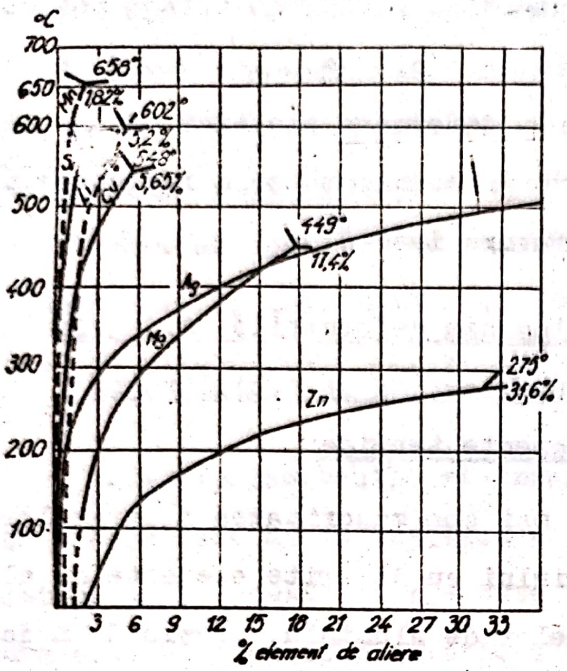


Fig. 6.14
Variaţia solubilităţii siliciului, manganului, litiului, cuprului, argintului, magneziului şi zincului în aluminiu în funcţie de temperatură.

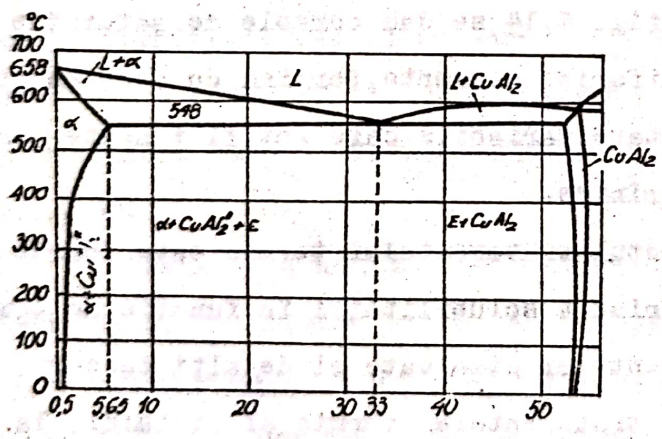


Fig. 6.15
Diagrama de echilibru Al-Cu

aluminiu-cupru pure sînt caracteristice şi pentru alte aliaje.

In fig. 6.15 se prezintă partea diagramei de echilibru Al-Cu care ne interesează.

Solubilitatea maximă a cuprului în aluminiu este de 5,65% la temperatura de 548°C, iar la temperatura ambiantă aceasta scade pînă la 0,5% . Astfel oricare aliaj care conţine mai puţin de 5,65% Cu poate fi adus prin încălzire în stare monofazică de soluţie solidă α nesaturată, compusul chimic $CuAl_2$ dizolvîndu-se complet.

Prin răcire rapidă (călire) se obţine o soluţie solidă α suprasaturată pentru aliajele cu peste 0,5% Cu, compusul chimic $CuAl_2$ neavînd timpul necesar să se separe. Soluţia solidă suprasaturată α este nestabilă şi ulterior în aliaj vor avea loc modificări, care în cele din urmă duc la separarea compusului

$CuAl_2$ foarte fin dispersat şi păstrarea în soluţie a unui conţinut de cupru corespunzător solubilităţii de echilibru de o,5%. Acest proces se numeşte <u>îmbătrînire naturală</u>, dacă are loc la temperatura ambiantă şi cînd durează 2-5 zile, sau <u>îmbătrînire artificială</u> dacă se efectuează la temperatura de 13o-18o°C, cu un timp de menţinere de 4 - 2o ore. In urma îmbătrînirii se constată durificarea aliajului. Efectul maxim de durificare se obţine la un aliaj cu 5,65% Cu. Peste 5,65% Cu în structură apar compuşi primari care nu se dizolvă în soluţia solidă şi efectul îmbătrînirii este mai redus.

La îmbătrînirea naturală se ajunge la proprietăţi maxime 4-5 zile după călire, viteza de durificare fiind în primele ore mult mai mică decît în următoarele. Viteza maximă de durificare se constată în intervalul de 5-15 ore după călire, apoi intensitatea de durificare scade şi după 4-5 zile durificarea spontană practic încetează.

In fig. 6.16 se prezintă o asemenea curbă de durificare prin îmbătrînire naturală.

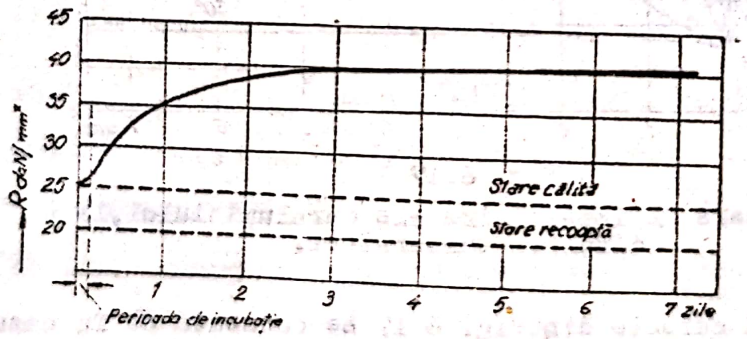


Fig. 6.16.
Curba variaţiei rezistenţei la îmbătrînirea naturală a unui aliaj de aluminiu.

Perioada iniţială, care se caracterizează printr-o creştere redusă a rezistenţei se numeşte perioadă de incubaţie. Această perioadă are o foarte mare importanţă tehnologi-

că, deoarece în această perioadă piesa călită are plasticitate maximă şi poate fi supusă la diferite operaţii tehnologice legate de deformare. După 2-3 ore, capacitatea de deformare plastică se reduce mult.

Durata perioadei de incubaţie este diferită la diferitele aliaje de aluminiu şi de asemenea depinde şi de temperatura ambiantă.

Viteza de îmbătrînire depinde foarte mult de temperatură (fig.6.17). Creşterea temperaturii grăbeşte mult procesul. Se constată în cazul aliajelor de aluminiu-cupru de mare puritate că proprietăţile maxime obţinute sînt cu atît mai slabe, cu cît temperatura de îmbătrînire este mai înaltă. Impurităţile mici din unele elemente pot modifica foarte mult cinetica transformărilor.

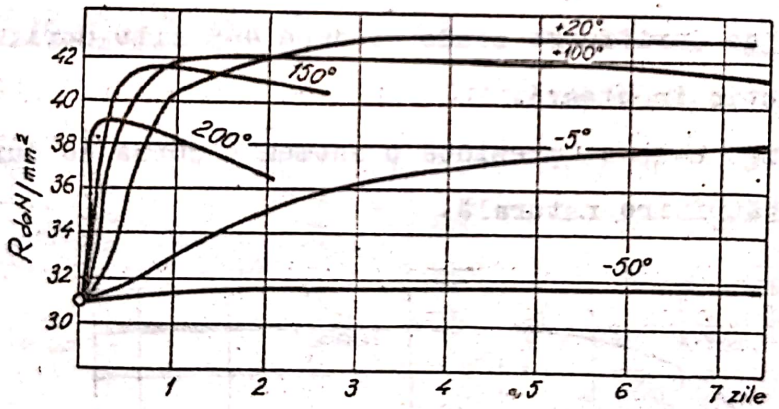


Fig. 6.17
Curbele de îmbătrînire ale duraluminiului, la diferite temperaturi.

După curbele din fig. 6.17 se constată că în cazul duraluminiului la temperatura de îmbătrînire peste 150° se constată o reducere a durificării aliajului. La temperaturi mai joase decît cea obişnuită, procesul de îmbătrînire este încetinit, iar la -50°, se poate considera, practic, că starea de călire este stabilă şi că îmbătrînirea nu are loc.

Se menţionează faptul că starea de îmbătrînire naturală a aliajului este nestabilă. Astfel dacă aliajul de aluminiu îmbătrînit natural se menţine un timp scurt la temperatura de 200.. ..250°C, durificarea este redusă, iar aliajul prezintă proprietăţile caracteristice pentru starea imediat următoare călirii, adică aliajul capătă din nou capacitatea de îmbătrînire naturală (fig. 6.18). Acest fenomen se numeşte reversiune (întoarcere).

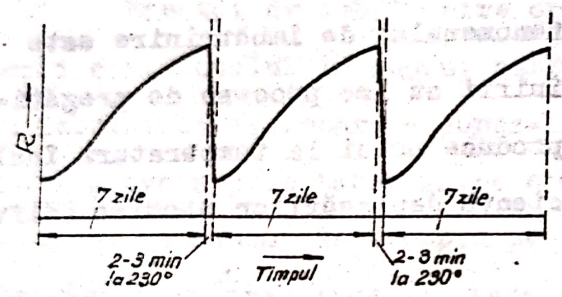


Fig. 6.18
Curbele de îmbătrînire, după întoarcerea la starea imediat următoare călirii, obţinute prin încălzirea de scurtă durată la 230° (schemă)

Operaţia de reversiune se poate repeta de mai multe ori şi de fiecare dată aliajul se întoarce în starea imediat următoare călirii, apoi are loc pe cale obişnuită îmbătrînirea naturală. Intensitatea durificării prin îmbătrînire naturală scade oarecum, după mai multe repetări ale operaţiei de reversiune.

Menţinerea la încălzire trebuie să fie de scurtă durată deoarece, odată cu regenerarea proprietăţilor, are loc şi procesul de îmbătrînire artificială.

Procesul îmbătrînirii. Prin călirea aliajelor Al-Cu cu un conţinut de 0,5 ... 5,65% Cu se obţine o soluţie solidă α suprasaturată, instabilă. După îmbătrînirea naturală la microscop nu se constată o a doua fază. Astfel durificarea maximă are loc înainte de separarea fazei disperse din soluţie. Acest fapt este dovedit şi prin analiza Roentgen. In schimb însă se constată evident a doua fază în cazul îmbătrînirii artificiale

la temperaturi peste 200°. Atunci cînd se constată metalografic faza a doua, aliajul nu mai are rezistenţa maximă; durata îmbătrînirii a fost cu mult mai mare decît cea la care, la temperatura respectivă de îmbătrînire, se obţin proprietăţile maxime. Astfel analiza metalografică contrazice teoria simplă a separării la îmbătrînire a fazei în exces($CuAl_2$ în cazul sistemului Al-Cu) şi ca urmare a separării acestei faze în stare de dispersie fină provoacă modificarea proprietăţilor.

Concepţia nouă asupra fenomenului de îmbătrînire este următoarea: în procesul îmbătrînirii au loc procese de pregătire a separărilor, care se pot produce numai la temperaturi înalte, care asigură o viteză suficientă deplasărilor atomice (difuziunii).

Perioada iniţială a îmbătrînirii la temperaturi joase (îmbătrînirea naturală) constă în formarea unor zone cu concentraţii mai mari de cupru cu reţea cristalină deosebită de forma unor discuri de grosimea de cîteva straturi de atomi. Formarea acestor "zone Guillet Preston" este însoţită de cea mai mare creştere a rezistenţei. Rezistenţa la rupere, limita de curgere şi duritatea ating valori maxime. La îmbătrînirea naturală aceste zone au circa 50 Å diametru şi sînt legate coerent de reţeaua soluţiei solide. Diametrul lor creşte cu temperatura (circa 200 Å la 100°C; circa 600 Å la 150°C; circa 800Å la 200°C). La temperaturi peste 200°C, zonele se transformă într-o formă alotropică tetragonală şi nestabilă a fazei $CuAl_2$ (faza θ') şi apoi în $CuAl_2$ cubică şi stabilă (faza θ). Durificarea maximă corespunde stării de soluţie neomogenă existentă înainte de faza θ', la apariţia căreia duritatea începe să scadă.

Deoarece la fiecare temperatură de îmbătrînire se formează zone de dimensiuni diferite, porţiunile care se formea-

ză la temperatura obişnuită cu diametrul de 5o A^o sînt nestabile la 2oo°C şi se dizolvă deoarece la această temperatură sînt stabile numai zonele cu diametru de 8oo A^o. In consecinţă dacă un aliaj Aluminiu-Cupru îmbătrînit natural se încălzeşte un timp relativ scurt pînă la 15o ... 2oo° , zonele de dimensiuni mici formate anterior se dizolvă şi astfel aliajul ajunge la starea iniţială de călire (reversiune) .

Efectul de îmbătrînire creşte treptat pe măsura creşterii conţinutului în cupru; astfel un aliaj cu 2% Cu, practic nu îmbătrîneşte, deoarece suprasaturarea este insuficientă pentru a provoca prin îmbătrînire o variaţie importantă a proprietăţilor. In schimb de exemplu pentru un aliaj Al-Cu cu 4% Cu, rezistenţa la tracţiune în stare recoaptă este de 2o daN/mm^2 , după călire 25 daN/mm^2 , iar după îmbătrînire se ajunge la 4o daN/mm^2 . Durificarea maximă la îmbătrînire se constată la 6% Cu ceea ce corespunde aproximativ limitei de solubilitate a cuprului în aluminiu la temperaturi înalte. Conţinutul în Cu din aliaj determină şi temperatura şi durata tratamentului termic. Astfel cu cît conţinutul de Cu este mai mare, cu atît trebuie să fie mai înaltă temperatura de călire ţinînd seama de poziţia liniei de saturare maximă. Menţionăm că influenţa cuprului asupra durificării o au şi celelalte elemente de solubilitate variabilă în aluminiu, cu efecte diferite.

Astfel de exemple în sistemele binare; Al-Si şi Al-Mg, Siliciul provoacă îmbătrînirea, dar efectul calitativ de durificare este neînsemnat. Magneziul peste 2% permite de asemenea durificarea aliajului însă în mod neînsemnat. In cazul sistemelor ternare cînd se formează compuşi binari sau ternari ; aceştea contribuie la durificare în mod activ a aliajului în urma călirii şi îmbătrînirii.

De exemplu:

- la aliajele Al-Mg-Si se formează faze disperse de Mg_2Si ;
- la aliajele Al-Cu-Mg se formează $CuAl_2$, Al_3Mg_2, $CuMgAl_2$, (faza S), $CuAl_5Mg_5$ (faza T).

Practic se constată că dintre compuşii din sistemele ternare arătate cea mai intensă durificare este provocată prin dizolvarea fazei S sau şi mai intense de către acţiunea comună a $CuAl_2$ şi faza S . Aliajele folosite în practică confirmă acest lucru. Astfel unul dintre aliajele cele mai dure de aluminiu conţine afară de 4,5-5% Cu şi o,5-o,75% Mg .

Fierul micşorează efectul îmbătrînirii, se formează faza N (Cu_2FeAl_7) care nu se dizolvă în aluminiu şi consumă cupru în detrimentul fazei $CuAl_2$ solubile şi cu efect de durificare.

După cum s-a arătat mai sus aliajele laminabile de aluminiu se împart în două grupe :

a - aliaje care nu se durifică prin tratament termic

b - aliaje care se durifică prin tratament termic.

a. <u>Aliaje care nu se durifică prin tratament termic</u>

Din această grupă fac parte <u>aliajele Al-Mn</u> cu 1..1,6% Mn. Manganul îmbunătăţeşte rezistenţa mecanică şi la coroziune, micşorează temperatura de recristalizare şi dă o structură fină la piesele ecruisate şi recoapte.

<u>Aliajele Al-Mg</u>. Solubilitatea magneziului în aluminiu variază de la 1% la temperatura ambiantă pînă la 14,9% la 450°C. cu toate acestea practic nu sînt durificabile prin precipitare, au o duritate proprie şi o rezistenţă care se schimbă puţin prin recoacere.

Aliajele Al-Mg utilizate conţin pînă la 12% Mg şi pot

conţine şi cca o,5..1% Mn şi uneori chiar siliciu.

Aliajele Al-Mg cu o,7 .. 3,5% Mg şi o,1 .. o,4% Mn, se caracterizează printr-o greutate specifică mai mică decît aluminiul şi o rezistenţă mecanică mai mare şi o bună prelucrabilitate pe maşini unelte.

Aliajele de aluminiu-magneziu cu 2,5..7,9% Mg sînt utilizate atît pentru fabricarea pieselor prin deformare plastică cît şi prin turnare.

Aliajul cu 3; 5; 7% Mg cunoscut sub denumirea de duralinox (Franţa) sau hydronalium (Germania) se poate lamina în bare, profile, table, benzi, tuburi. Se lamineză de obicei între 4oo ... 5oo°C , dar se poate lamina şi la rece şi în urma ecruisării şi recoacerii prezintă următoarele valori pentru caracteristicile mecanice :

- în stare recoaptă R=2o ... 36 daN/mm^2

σ_c =1o ... 2o daN/mm^2 δ = 28 ... 2o%;

- în stare ecruisată R=35 ... 46 daN/mm^2

σ_c =3o ... 42 daN/mm^2; δ =1o .. 6%

Aliajul are o mare rezistenţă chimică în aer umed şi apa de mare.

Aliajul cu 1o% Mg, cunoscut în Franţa sub denumirea de duralinox 1o şi în Germania sub denumirea de hydronalium 9, are proprietăţi mecanice şi mai mari după o călire de la 427°C în apă încălzită la 7o°C. Fără a fi ecruisat acest aliaj are R=4o .. 48 daN/mm^2; σ_c =24 .. 28 daN/mm^2 şi δ =24 .. 26% .

Aliajele de Al-Mg se întrebuinţează la fabricarea caroseriilor de automobile, suprastructurii avioanelor, rezervoarelor, în construcţii navale, în industria chimică şi cea alimentară.

La noi în ţară aliajele de aluminiu deformabile sînt

standardizate în STAS 7608-71. In acest standard sînt cuprinse 27 mărci de aliaje de aluminiu din care 8 mărci sînt aliaje deformabile care nu se durifică prin tratament termic; AlMn 1 ; AlMnMg 1 ; AlMg 2 ; AlMg 2,5 ; AlMg 3 ; AlMg 5 ; AlMg 7 .

Simbolizarea mărcii cuprinde simbolul chimic al metalului de bază, urmat de simbolurile chimice al elementelor componente şi în general şi de conţinutul mediu în procente al fiecăruia în ordine crescătoare a acestora.

b. Aliaje care se durifică prin tratament termic

Cel mai cunoscut şi răspîndit aliaj din această grupă este duraluminul un aliaj format din cel puţin 6 componenţi : Al, Cu, Mg, Mn, Si, Fe. Cuprul, magneziul şi manganul sînt adăugate intenţionat. Siliciul şi fierul sînt impurităţi întîmplătoare. Dintre acestea fierul poate fi considerat ca o impuritate inutilă sau chiar dăunătoare. Conţine 3,8 ..... 4,8% Cu, 0,4 ..... 0,8% Mg, 0,4 ..... 0,8% Mn, sub 0,7% Si , sub 0,7% Fe şi restul Al.

Cuprul, siliciul şi magneziul, formînd compuşi intermetalici solubili în Al provoacă durificarea.

Pe măsura creşterii conţinutului de Cu şi Mg, creşte posibilitatea durificării structurale şi ca atare cresc proprietăţile mecanice. Limitarea conţinutului de magneziu în duraluminurile obişnuite la 0,5 .. 0,75% se datoreşte faptului că în cantităţi mai mari micşorează plasticitatea, îngreunînd prelucrarea la cald. Din aceleaşi motive se limitează şi conţinutul de Mn la 0,4 ... 0,8% .

In practica industrială în afară de duraluminul obişnuit se utilizează duraluminuri cu rezistenţă mare, cu conţinuturi mai ridicate de Cu, Mg şi Mn (4,6-5,2% Cu, 0,65-1,6% Mg, 0,6 - 1,1% Mn) şi de asemenea duraluminuri cu plasticitate

mare, cu conţinuturi mai reduse din aceste elemente (2,2-3,5% Cu, o,2-o,7% Mg, o,1-o,5% Mn).

Duraluminul se tratează termic în modul următor:

Se încălzeşte la 5o5° ... 51o° timp de 2o minute şi se răceşte în apă, apoi se îmbătrîneşte natural menţinîndu-l la temperatura ambiantă timp de 7o ore. Este posibil de efectuat şi o îmbătrînire artificială la 1oo°C cu rezultatele analoage. In urma tratamentului rezistenţa duraluminului obişnuit creşte pînă la 42 daN/mm^2 iar a duraluminului de înaltă rezistenţă pînă la 5o daN/mm^2 şi duritatea pînă la 15o HB.

Incălzirea pentru călire se face în băi cu săruri, iar variaţia admisibilă a temperaturii este numai de 2...3°C faţă de cea prescrisă. Depăşirea temperaturii de încălzire favorizează creşterea grăunţilor, oxidarea şi topirea marginilor grăunţilor, fapt care provoacă o scădere deosebit de mare a rezistenţei şi plasticităţii materialului.

Duraluminul se poate forja şi lamina la temperaturi de 44o ... 48o°C. Deoarece are o rezistenţă la coroziune mai mică decît aluminiul, atunci cînd este necesar se plachează cu aluminiu pur.

Duraluminul este folosit în toate construcţiile care reclamă totodată o greutate redusă şi o rezistenţă mecanică bună. Se foloseşte foarte mult la construirea avioanelor, a motoarelor de aviaţie, a autovehiculelor, a materialului feroviar, pentru piese pentru maşini de scris, articole de larg consum, elici, containere etc.

In aceleaşi domenii se mai utilizează <u>aliaje de aluminiu de mare rezistenţă</u> din sistemul complex Al-Cu-Mn-Zn, <u>aliaje rezistente la temperaturi înalte</u> din sistemul Al-Cu-Ni-Fe-Mg folosite la confecţionarea de pistoane, chiulase etc ; şi de asemenea aliaje care conţin pe lîngă aceste elemente 1,o-2,3%

Ni (aliaj Y). In STAS 7608-71 pe lîngă cele 8 mărci de aliaje de aluminiu din sistemele Al-Mn; Al-Mg; şi Al-Mn-Mg care nu se pot durifica prin tratament termic, amintite mai sus, sînt cuprinse încă 19 mărci de aliaje de aluminiu din categoriile amintite care se pot durifica prin tratamente termice. Dintre acestea 3 mărci sînt duraluminuri obişnuite, AlCu4MgMn ; AlCu5Mgl ; AlCuMglMn iar celelalte 16 mărci sînt alte aliaje de aluminiu complexe durificabile prin tratamente termice cum sînt de exemplu AlCu2Mgl,5Ni ; AlZn4Mg3Cu ; AlZn5Mg2CuCr ; AlCu4SiMg şi altele. In standard se dau date în legătură cu compoziţia chimică, tratamente termice, culori de marcare prin vopsire etc.

Mărcile de aliaje de aluminiu deformabile standardizate în STAS 7608-71, sînt destinate a fi prelucrate la cald sau la rece prin laminare, tragere, extrudare, trefilare, matriţare sau forjare în vederea obţinerii de semifabricate sau fabricate finite. La noi în ţară unele din aceste produse sînt standardizate, cum sînt :

- Bare extrudate din aliaje de aluminiu. Condiţii generale. STAS 8653-70.

- Bare rotunde extrudate din aliaje de aluminiu STAS 8654-70.

- Bare pătrate extrudate din aliaje de aluminiu. STAS 8655-70.

- Bare dreptunghiulare extrudate din aliaje de aluminiu. STAS 8656-70.

- Bare hexagonale extrudate din aliaje de aluminiu, STAS 8657-70.

- Table din aliaje de aluminiu STAS 8652-70

- Profile extrudate din aluminiu şi aliaje de aluminiu. Condiţii generale. STAS 8659-72.

- Profile U extrudate din aluminiu şi aliaje de aluminiu STAS 8870-72.

- Profile cornier cu aripi egale extrudate din aluminiu şi aliaje de aluminiu STAS 9186-73.

- Profile cornier cu aripi neegale extrudate din aluminiu şi aliaje de aluminiu. STAS 9185-73.

6.3.3. Aliaje de aluminiu pentru turnătorie

Sînt aliaje Al-Cu; Al-Si; Al-Mg sau aliaje polinare. Au un conţinut de elemente de aliere mai ridicat decît la aliajele laminabile, astfel în structură creşte cantitatea de eutectic îmbunătăţindu-se în acest fel proprietăţile de turnare, ca fluiditatea, compactitatea şi rezistenţa la tensiunile de contracţie după turnare. In cazul aliajelor Al-Cu şi Al-Si complexe, prin tratamente termice (călire, îmbătrînire artificială) pot fi îmbunătăţite proprietăţile însă nu la nivelul celor laminabile durificate prin tratamente termice. Cele mai utilizate aliaje Al-Cu pentru turnătorie conţin 8...12% Cu.

Aliajele Al-Si sînt denumite siluminuri şi sînt mult folosite în industrie, avînd proprietăţi foarte bune de turnare, fiind corespunzătoare şi pentru turnarea pieselor complicate. Siluminurile utilizate conţin 12-13% Si. Siliciul măreşte rezistenţa mecanică şi dă proprietăţi bune de turnare (măreşte fluiditatea şi micşorează contracţia).

Diagrama de echilibru Al-Si este similară cu cea Al-Cu. Diagrama prezintă o transformare eutectică la 577°C. Siliciu are solubilitatea maximă în aluminiu la temperatura eutectică de 1,65% iar la temperatura ambiantă de 0% . Partea dreaptă a diagramei nu este deplin clarificată, astfel că în cele ce urmează vom considera că aluminiul este insolubil în siliciu. (fig.6.19).

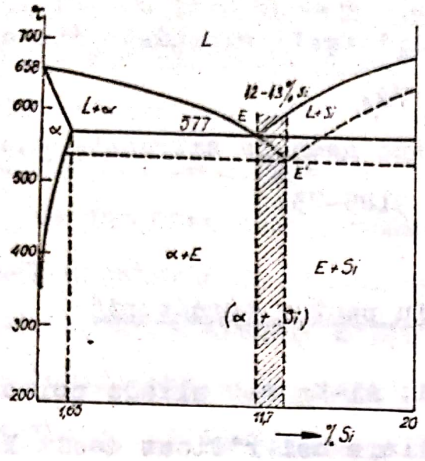


Fig. 6.19
Diagrama de echilibru Al-Si şi schema influenţei modificatorilor asupra cristalizării sistemului.

Deoarece aliajele binare aluminiu-siliciu nu se durifică prin tratament termic, proprietăţile lor sînt îmbunătăţite prin modificare înainte de turnare. Ca modificatori se poate folosi sodiu metalic introdus în baia lichidă înainte de turnare la 78o...8oo°C în cantitate mică de o,o8-o,12% din greutatea aliajului, sau se foloseşte un amestec de NaF şi NaCl (2/1; cca 1-2% din greutatea aliajului.

Influenţa modificatorilor asupra diagramei Al-Si este arătată în fig. 6.19. Se constată că liniile lichidus şi solidus sînt deplasate.
De asemenea punctul eutectic E este deplasat la dreapta şi la temperaturi mai joase E'. Astfel siluminurile cu 12...13% Si din hipereutectoide înainte de modificare devin hipoeutectice după modificare cu o structură foarte fină din care lipsesc formaţiile primare de siliciu fragil. Toate acestea contribuie la ameliorarea proprietăţilor mecanice. Astfel, datorită modificării rezistenţa la rupere creşte de la 5 la 2o daN/mm^2, iar alungirea de la 3 la 8% .

Siluminurile se remarcă prin proprietăţi foarte bune la turnare; fluiditate mare, porozitate practic nulă, contracţie mică, nu sînt fragile în timpul perioadei de solidificare. Rezistenţa lor însă este destul de scăzută. La piesele supuse

unor solicitări mari se utilizează aliaje de Al-Si cu adaosuri de Cu, Mg şi Mn aliaje care pot fi durificate prin tratamente termice.

Aliajele de aluminiu pentru turnătorie sînt standardizate în STAS-urile 201/1-71 şi 201/2-71. STAS 201/1-71 se referă la "Aliaje de aluminiu turnate în blocuri" destinate retopirii în scopul turnării pieselor cu sau fără corectarea compoziţiei chimice. Acest standard cuprinde 35 mărci de aliaje simbolizate cu literele AT (aluminiu turnat) urmat de simbolurile chimice elementelor componente cu conţinutul mediu în procente al fiecăruia, în ordinea descrescătoare a acestora, excepţie făcînd numai aliajul ATO provenit din recuperări la care se limitează numai Cu.

Cele 35 de mărci de aliaje din acest standard sînt împărţite în 5 grupe după provenienţă şi elementul principal de aliere.

Astfel:

I Aliaj provenit din recuperări şi deşeuri (1 marcă; ATO)

II Aliaje cu element principal de aliere - Cupru (6 mărci. Exemplu: ATCu4Si; ATCu4Ti; ATCu4MgTi etc).

III Aliaje cu element principal de aliere - Siliciu (20 mărci. Ex: ATSi2Mg; ATSi5Cul; ATSiloMg; ATSil2; ATSil2MnMgTi)

IV Aliaje cu element principal de aliere - Magneziu (5 mărci. Ex: ATMg3Si; ATMg6 , ATMglo etc)

V. Aliaje cu element principal de aliere - Zinc (3 mărci. ATZn5Mg; ATZnloSi7 şi ATZnloSi7Fe)

In STAS se prezintă condiţiile tehnice de calitate (compoziţie chimică, formă, dimensiuni şi masa, aspect), reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare şi de analiză, marcare, ambalare, documente.

STAS 201/2-71 "Aliaje de aluminiu turnate în piese" se referă la aliajele de aluminiu folosite la turnarea pieselor în amestec de formare, cochilă sau sub presiune din mărcile de aliaje conform STAS 201/1-71.

Mărcile aliajelor de aluminiu turnate în piese se simbolizează cu literele:

ATN - pentru aliajele turnate în amestec de formare,

ATC - pentru aliajele turnate în cochilă,

ATP - pentru aliajele turnate sub presiune, urmate de simbolurile chimice ale elementelor componente de aliere ca și în cazul precedent și de asemenea se indică și starea de livrare prin simboluri literale a căror semnificații sînt indicate în standard. (De ex. M - fără tratament termic, TA - tratament de îmbătrînire naturală etc.).

STAS 201/2-71 cuprinde 64 mărci de aliaje clasificate în mod analog ca și în STAS 201/71 în 5 grupe după elementul principal de aliere. In STAS se dau date privind condițiile tehnice de calitate (compoziția chimică, caracteristici mecanice, tratament termic, aspect, execuție, stare de livrare), reguli pentru verificarea calității, marcare, documente.
De asemenea se dau caracteristici tehnologice și indicații de utilizare ale mărcilor de aliaje de aluminiu turnate în piese.

6.4. Aliajele magneziului

Magneziul cristalizînd în sistemul hexagonal, are o rezistență și o plasticitate foarte redusă. Astfel în stare turnată are rezistența la rupere prin tracțiune circa 3 daN/mm^2 și alungirea 2%, iar în stare laminată rezistența cca 18 daN/mm^2 și alungirea 5%. De asemenea magneziul și aliajele lui nu sînt rezistente la coroziune. Din cauza proprietăților mecanice reduse

magneziul ca şi aluminiul în general nu se utilizează în tehnică în stare pură ci sub formă de aliaje cu elemente ca Al,Mn, Zn,Si,Cu,Cd,Be,Bi,Ag,Ce,Zr care îmbunătăţesc proprietăţile.

Aliajele de magneziu cu greutatea specifică de aproximativ 1,8 se numesc aliaje foarte uşoare.

Cele mai solubile metale în magneziu sînt zincul, cadmiul şi aluminiul. Majoritatea elementelor formează cu magneziul compuşi intermetalici.

Influenţa principalelor elemente de aliere ale magneziului sînt: o-1o% Al măreşte duritatea, rezistenţa la rupere la tracţiune şi finisează structura, o-4% Zn măreşte duritatea şi finisează granulaţia, o-1,5% Si, îmbunătăţeşte fluiditatea, însă micşorează tenacitatea, o-2% Mn îmbunătăţeşte rezistenţa la coroziune. Un conţinut de 2% Ag, în prezenţa aluminiului şi a cadmiului, ridică limita de curgere şi rezistenţa la rupere la tracţiune, datorită durificării prin precipitare şi împiedică formarea oxizilor şi a nitrurilor la topire.

Un aliaj cu înaltă rezistenţă este cel care conţine 8% Al şi 8% Cd, care prezintă o rezistenţă de rupere la tracţiune de 4o daN/mm^2 la o alungire relativă de cca 12%.

Solubilitatea variabilă a diferitelor elemente în magneziu, în funcţie de temperatură, permite să se aplice aliajelor de magneziu, care conţin cantităţi suficiente din aceste elemente, un tratament termic de durificare. Menţionăm faptul că tratamentul termic nu are pentru aliajele de magneziu o importanţă tot atît de mare, ca pentru aliajele de aluminiu, deoarece la aliajele de magneziu nu se constată o variaţie atît de mare a proprietăţilor ca la aliajele de aluminiu. Deoarece principalele aliaje tehnice de magneziu conţin ca elemente de aliere de bază aluminiu, zinc, siliciu, mangan şi cupru în

cele ce urmează se prezintă succint sistemele de aliaje: Mg-Al ; Mg-Zn ; Mg-Al-Zn ; Mg-Al-Cu ; Mg-Si şi Mg-Mn.

6.4.1. Aliajele Mg-Al

In fig. 6.2o este prezentată partea magneziului din sistemul binar Mg-Al.

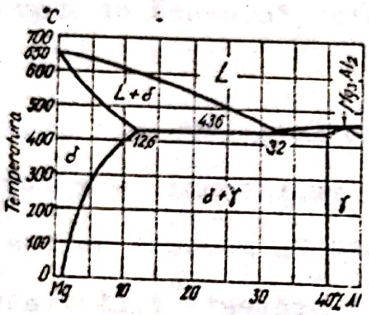


Fig. 6.2o
Diagrama de echilibru Mg-Al

Aliajele tehnice de magneziu conţin maximum cca 1o% aluminiu. Aluminiul este cel mai important element de aliere al magneziului. La conţinuturi mici apare o durificare, datorită formării soluţiei solide. Conţinuturi mai mari de aluminiu duc la mărirea şi mai mult a durităţii datorită apariţiei fazei dure γ , însă aliajele devin mai fragile, ceea ce se manifestă prin micşorarea rezistenţei de rupere la tracţiune şi a alungirii,(fig.6.21).In stare turnată cele mai bune proprietăţi mecanice se obţin la un conţinut de 6% Al. Aliajele cu 6-11% Al pot fi îmbunătăţite sensibil din punct de vedere mecanic printr-o recoacere de trecere în soluţie.

La aliajele pentru deformare plastică cele mai bune proprietăţi mecanice se obţin de la început, la un conţinut de circa 9-1o%Al deoarece prin încălzire înainte şi în timpul deformării se realizează cel puţin parţial omo-

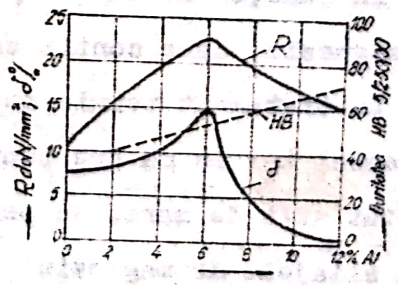


Fig. 6.21.
Influenţa aluminiului asupra proprietăţilor de rezistenţă ale magneziului (turnare în amestec de formare).

genizarea (fig.6.22).

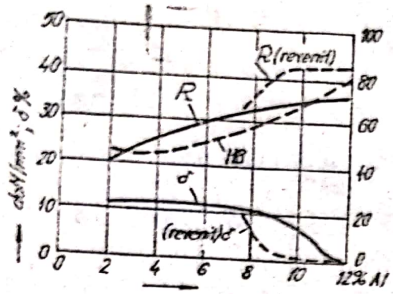


Fig. 6.22
Influenţa aluminiului asupra proprietăţilor de rezistenţă ale magneziului (presat).

Mărirea conţinutului de aluminiu duce însă totdeauna la dificultăţi de prelucrare. Un tratament de revenire la aliajele omogenizate imediat sub linia de solubilitate, duce la mărirea rezistenţei la coroziune, micşorîndu-se însă alungirea relativă.

6.4.2. Aliajele Mg-Zn şi Mg-Al-Zn

Aceste aliaje sînt cunoscute sub denumirea de electron şi au o întrebuinţare mare în aeronautică. In general aliajele de tip electron sînt aliaje complexe laminabile sau pentru turnătorie.

Astfel cele care conţin între 2-12% Al pînă la 1-2% Mn, pînă la 0,4% Cu pînă la 0,4% Zn, 0,1% Si şi pînă la 0,5% Cd , sînt uşor prelucrabile atît prin presare cît şi prin turnare.

Diagrama de echilibru Mg-Zn (fig.6.23) prezintă transformarea peritectică la 354°C şi la o transformare eutectică la 340° şi 53,5% Zn şi un compus intermetalic MgZn.

Solubilitatea zincului este de 8,4% la temperatura eutecticului şi e nulă la temperatura ambiantă.

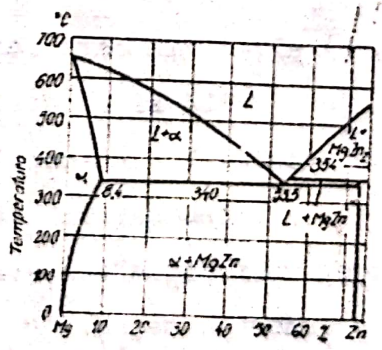


Fig. 6.23
Diagrama de echilibru Mg-Zn

Datorită conţinutului de zinc (peste 3%) creşte rezistenţa la rupere şi în urma durificării prin revenire aceasta poate fi mărită cu încă 30-40%.

Aliajele Mg-Zn pure aproape nu sînt utilizate; în schimb aproape toate aliajele de magneziu cu aluminiu conţin pînă la 3% Zn. Aliajele Mg-Al-Zn au o întrebuinţare mare în construcţiile aeronautice.

Caracteristicile mecanice ale acestor aliaje depind de conţinutul în aluminiu şi zinc. Astfel un aliaj cu 96% Mg ; 3% Al ; 1% Zn , după deformare prin presare are următoarele caracteristici mecanice: R=25-29 daN/mm^2, δ=15-17% iar un aliaj cu 90% Mg; 5% Al; 5% Zn care poate fi turnat şi laminat are R=34-37 daN/mm^2, δ= 11-7% .

6.4.3. Aliajele Mg-Al-Cu

Aliajele cele mai folosite din acest sistem pot fi grupate în două categorii:

a) aliaje în care Al+Cu $\leq$ 6% şi care prezintă cristale mixte, cu caracteristici mecanice analoage cu cele ale aliajelor magneziu-aluminiu, rezistenţa lor la coroziune fiind mai slabă.

b) aliaje în care conţinutul de Al+Cu este cuprins între limitele 8-12% şi care sînt formate din dendrite de magneziu şi eutectic. Ele nu conţin soluţii solide ternare şi de aceea au o bună conductivitate termică. Datorită acestei proprietăţi aceste aliaje se folosesc la fabricarea pistoanelor motoarelor cu ardere internă.

Pentru informare se prezintă cîteva caracteristici mecanice ale unor asemenea aliaje :

94% Mg; 3% Al; 3% Cu:

turnat în nisip : R=12-14 daN/mm^2; δ=4% ;

trefilat : R=22-24 daN/mm^2; δ=15...16% ;

88% Mg; 3% Al; 9% Cu:

turnat în nisip : R=12..14 daN/mm^2; δ=2 ... 3%

trefilat : R=25..26 daN/mm^2; δ=8%

6.4.4. Aliajele Mg-Si

Magneziul formează cu siliciu compusul Mg_2Si care este insolubil în magneziu (fig. 6.24).

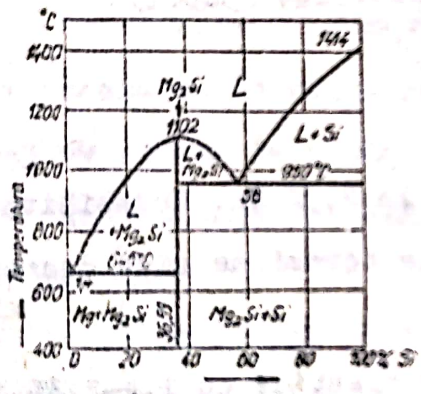


Fig.6.24
Diagrama de echilibru magneziu-siliciu.

Punctul eutectic din sistemul Mg-Mg_2Si se găseşte la 1,4% şi 645°C. Unele din aliajele folosite din acest sistem este aliajul Mg-Si cu 1,4% Si. In fig. 6.25 şi 6.26 se prezintă structura acestui aliaj funcţie de turnare în amestec de formare sau în cochile. Se vede clar forma mai fină a compusului Mg_2Si în cazul turnării în cochilie.

Acest aliaj are o excelentă etanşeitate faţă de gazele comprimate şi lichide şi de aceea este folosit pentru armături etanşe la presiune. Rezistenţa la rupere la tracţiune R este de 10-12 daN/mm^2, duritatea Brinell de 40-50 daN/mm^2 şi alungirea relativă de 2-4% .

Fig.6.25
Aliaj Mg-Si cu 1,4% Si turnat în amestec de formare.
Eutectic ($Mg+Mg_2Si$).
Neatacat (500:1)

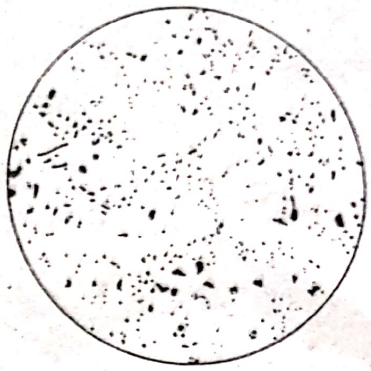


Fig.6.26
Aliaj Mg-Si cu 1,4% Si turnat în cochilie.
Eutectic ($Mg+Mg_2Si$)
Neatacat (500:1)

6.4.5. Aliajele Mg-Mn

Aliajele obișnuite conțin pînă la 2,3% Mn. Sudabilitatea acestor aliaje și mai ales rezistența la coroziune sînt deosebit de bune.

Aliajul Mg-Mn pentru prelucrare plastică cu 1,4-2,3% Mn este utilizat pentru carcase, rezervoare de combustibil, armături, profile de tablă etc., rezistența de rupere la tracțiune este de 30 daN/mm^2, limita de curgere de 20 daN/mm^2, duritatea Brinell de 40-45 daN/mm^2 și alungirea relativă de 2,5%. Aliajele pentru prelucrarea plastică de tipul Mg-Mn ca și cele de Mg-Al sînt prelucrate în țevi, bare și profile pe prese hidraulice de extruziune la o temperatură de presare de 300-400°C. Lucrările de deformare a tablelor și benzilor se execută la 280-330°C.

Aliajele de magneziu sînt în special turnate în amestec de formare la temperaturi între 780-750°C, după o supraîncălzire anterioară la cca 900°C.

Pentru topire se folosesc creuzete de fier. Incluziunile nemetalice de oxizi, nitruri și cloruri se îndepărtează din

topitură prin acoperirea şi amestecarea cu un amestec de $MgCl_2$, CaF_2, MgO şi $BaCl_2$.

Jetul de turnare este presărat cu sulf. Pericolul de incendiu şi inflamabilitatea magneziului şi aliajelor de magneziu există în cazul aşchiilor fine care se produc la prelucrare pe M.unelte , fără să existe pericolul autoaprinderii. Cea mai periculoasă este pulberea de magneziu. Dacă în atmosferă se depăşeşte un anumit conţinut de praf de 30 mg/l, se pot produce explozii.

Incendiile de magneziu nu pot fi stinse cu apă sau cu aparatele obişnuite de stins incendii, ci trebuie înăbuşite cu nisip sau cu aşchii de fontă cenuşie.

Intrebuinţarea aliajelor de magneziu şi a magneziului pur se bazează:

- pe densitate mică şi proprietăţi mecanice bune, în aeronautică, rezervoare, trenuri de aterizare, elici, în automobilistică, cartere motor, pistoane, biele, la aparate optice, maşini de scris, de calculat, piese pentru aparate de radio şi televizoare etc.

- pe arderea magneziului în pirotehnie, fotografiere etc.

- pe absorbţie de organismul uman, în unele operaţii de chirurgie osoasă sau musculară (agrafe, şuruburi, legături).

6.5. Aliajele de zinc

Elementele principale de aliere ale zincului sînt : aluminiul şi cuprul. Magneziul se introduce de obicei în cantităţi de 0,02...0,05% pentru împiedicarea coroziunii selective produsă de impurităţi ca plumbul, bismutul, cadmiul, staniul.

Aluminiul îmbunătăţeşte proprietăţile mecanice ale zincului îndeosebi în cazul aliajelor presate. Un adaos de 4% Al ridică rezistenţa de rupere la tracţiune de la 10 la 30 daN/mm^2, rezilienţa de la 5 la 40 daJ/cm^2 şi gîtuirea de la 5 la 80% . Aliajele Zn-Al-Cu cu 4% Al şi 1% Cu, cu rezistenţa de 26 daN/mm^2 sînt cele mai utilizate pentru turnare în amestec de formare, cochilii şi sub presiune. Se pot şi presa, lamina sau trage, obţinîndu-se rezistenţe şi durităţi mai mari. Domeniul de aplicare al aliajelor de zinc se referă la armături şi piese mici, executate în special prin turnare sub presiune cum sînt: carcase de carburator, robinete, piese pentru maşini de scris, carcase de gazeificatoare, roţi dinţate, fitinguri pentru ţevi etc.

6.6. Aliajele plumbului

Elementele principale de aliere ale plumbului sînt staniul şi stibiul.

6.6.1. **Aliajele Pb-Sn**, formează un sistem eutectic simplu (fig. 6.27).

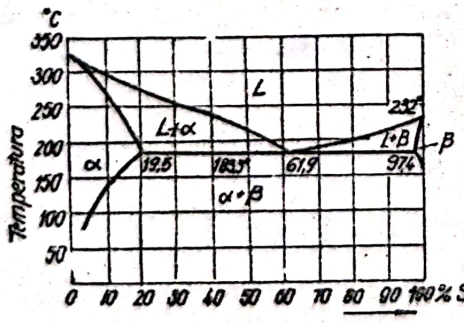


Fig. 6.27
Diagrama de echilibru Pb-Sn

Punctul eutectic se găseşte la 61,9% Sn şi 38,1% Pb şi la 183°C. Aliajele Pb-Sn tehnice sînt utilizate în special ca aliaje cu staniu pentru lipituri moi. Unele din aceste aliaje conţin şi mici cantităţi de stibiu.

Cu aliaje pentru lipit pe bază de plumb-staniu se pot

îmbina prin lipire moale orice piese de oţel sau de cupru. La noi în ţară aliajele de lipit staniu-plumb şi staniu-plumb-stibiu în blocuri şi vergele sînt standardizate în STAS 96-73. Sînt standardizate 11 mărci simbolizate cu Lp (o prescurtare a cuvîntului "lipit") urmat de un număr care indică conţinutul mediu al staniului.

La aliajele cu un conţinut mediu cel puţin 1% stibiu se adaogă la simbol grupa de litere Sb. Mărcile standardizate sînt: Lp 2, Lp2oSb, Lp3o, Lp3oSb, Lp37, Lp4o,Lp4oSb,Lp5o, Lp6o,Lp65,Lp9o. In STAS se dau date privind aceste aliaje în legătură cu compoziţia chimică, indicaţii de utilizare, reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare şi analiză, marcare, ambalare.

6.6.2. Aliajele Pb-Sb

Aliajele plumb-stibiu reprezintă pe lîngă aliajele plumb-staniu cele mai importante aliaje de plumb binare. Prin adăugare de stibiu la plumb acesta devine mai dur şi rezistent (plumb antimonios). Aliajele Pb-Sb sînt standardizate în STAS 672-71 care se referă la plumbul cu stibiu obţinut prin prelucrare metalurgică a scoarţelor de plumb cu conţinut de stibiu, care rezultă din refinarea plumbului. Sînt standardizate 5 mărci de aliaje plumb-Stibiu; PbSb3, PbSb6, PbSb12, PbSb2o, PbSb3o, cifrele din simbol reprezintă conţinutul maxim de stibiu în procente.

In ce priveşte diagrama Pb-Sb este asemănătoare cu diagrama Pb-Sn,numai că solubilitatea stibiului în plumb este mult mai mică (2,94% la temperatura liniei eutectice 245°, şi practic neînsemnată la temperatura ambiantă).Menţionăm că diagrama de echilibru Pb-Sb cu structurile de achilibru a fost prezentată în partea I-a a cursului la Cap.3.3.3.1 pag. 33o, fig.3.51, diagramă

în care s-a neglijat limitele de solubilitate a componenţilor.

Aliajele plumb-stibiu sînt folosite pentru mantale de cabluri care sînt supuse la zguduiri continue, de exemplu la montarea podurilor, a căilor ferate sau a liniilor de transport. Aliajele Pb-Sb au un vast domeniu de utilizare în industria chimică. Astfel din plumb antimonios se fabrică armături de închidere în conductele de plumb, piese pentru pompe centrifuge, conducte etc.

Plăcile pentru acumulatoare de plumb sînt executate dintr-un aliaj cu 91% Pb + 9% Sb. La anozi pentru băile de cupru se utilizează aliajul Pb-Sb cu 9-10% Sb. De asemenea aliajele hipereutectice pot fi folosite în mod limitat şi ca aliaje antifricţiune (vezi subcap. 6.7).

6.6.3. Aliajele Pb-Sn-Sb

Aliajele plumb-staniu-stibiu formează, împreună cu cuprul, arseniul, cadmiul, nichelul şi alte elemente, importantele grupe ale compoziţiilor pentru lagăre şi ale aliajelor tipografice. In cele ce urmează se prezintă aliajele tipografice, aliajele pentru lagăre se prezintă în subcap. următor "Aliaje antifricţiune".

Aliajele tipografice la noi în ţară sînt standardizate în STAS 4440-63. După STAS aceste aliaje se împart în două categorii :

- aliaje pentru turnarea materialului tipografic
- aliaje pentru corectare.

Aliajele pentru turnarea materialului tipografic se produc în 6 mărci repartizate după destinaţie în patru grupe.

- aliaje pentru maşinile de cules linotip (L)
- aliaje pentru maşinile de cules monotip (M)

- aliajele pentru literă de casă (C)

- aliaje pentru stereotipie (S)

Aliajele pentru corectarea aliajelor pentru turnarea materialului tipografic (Ac) se produc în două mărci.

Mărcile aliajelor tipografice se simbolizează prin simbolul (L,M,C sau S), urmat de simbolurile chimice ale celor trei elemente cu indicarea conţinutului procentual mediu pentru stibiu şi staniu.

Se foloseşte de asemenea şi simbolul prescurtat al acestor mărci care este format din simbolul grupei, urmat de fracţia ordinară al cărei numărător indică conţinutul procentual mediu de staniu, iar numitorul conţinutul procentual mediu de stibiu.

Mărcile standardizate sînt: LPb-Sn5Sb12(L5/12) ; MPb-Sn9Sb19(M9/19) ; MPb-Sn7Sb16(M7/16) ; CPb-Sn7Sb27(C7/27) ; SPb-Sn4Sb15(S4/15) ; SPb-Sn7Sb16(S7/16) ; AcPb-Sn3oSb6(Ac3o/6); AcPb-Sn5Sb28(Ac5/28) ; în paranteze fiind date simbolurile prescurtate.

In STAS se dau date privind condiţii tehnice; compoziţie chimică, temperaturi de topire şi de turnare, aspect, reguli pentru verificarea calităţii, metode de verificare, marcare etc.

6.7. Aliaje antifrictiune

Aceste aliaje servesc la fabricarea lagărelor de alunecare şi la căptuşirea cuzineţilor lagărelor. Folosind aliaje corespunzătoare se reduce coeficientul de frecare între arbore şi fus, se reduce încălzirea şi pierderile de energie prin frecare, deci randamentul maşinii va fi mai mare. De asemenea se realizează şi o protecţie a ansamblului fus-lagăr în cazul

unei ungeri sau funcţionări defectuoase.

In general aliajele şi materialele antrifricţiune trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

- să aibă o rezistenţă bună la compresiune pentru a suporta sarcina (presiunea specifică), transmisă de fus, pe de altă parte ele trebuie să prezinte o capacitate suficientă de deformare la presiunile laterale care apar în exploatare pentru ca lagărul să se ajusteze bine pe arborele care îl presează;

- să fie rezistent la uzură fără însă a provoca uzura arborelui sau a fusului;

- să prezinte un coeficient cît mai mic de frecare;

- să aibă o conductibilitate termică bună;

- să fie ieftin şi pe cît posibil din materiale nedeficitare;

- pentru materialele din care se realizează lagăre prin turnare se cere o turnabilitate bună, să aibă o aderenţă suficientă la cuzinetul de oţel şi să aibă temperatura de fuziune cît mai joasă;

- să permită o rodare relativ rapidă în cazul punerii în funcţiune de maşini noi sau reparate capital etc.

Condiţiile multiple impuse, se realizează cel mai bine prin folosirea unor aliaje eterofazice avînd constituenţi duri într-o masă moale şi plastică, uşor de prelucrat şi cu o rezistenţă satisfăcătoare la compresiune.

In timpul rodajului cuzinetul confecţionat din aliaj antifricţiune va obţine configuraţia arborelui prin uzura bazei moi în care se implîntă cristelele dure pe care se sprijină arborele (fig.6.28).

Intre arbore şi baza moale se formează mici locuri goale în care se menţine lubrefiantul folosit.

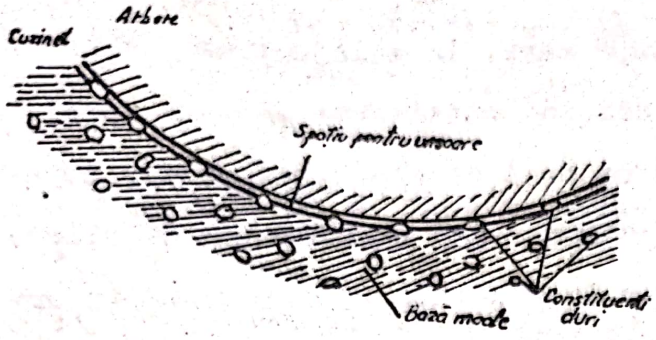


Fig. 6.28
Schema contactului dintre arbore şi lagăr de alunecare

In practică sînt întrebuinţate diferite tipuri de aliaje şi materiale pentru lagăre care pot fi grupate după cum urmează :

1. Aliajele albe cunoscute sub denumirea de babbituri, pe bază de staniu, sau plumb aliate cu stibiu, cupru, arsen, cadmiu, nichel, sodiu etc; sînt materiale antifricţiune foarte mult utilizate.

Astfel dintre aliajele plumb-stibiu cele hipereutectice cu 16...18% Sb pot fi folosite uneori ca aliaje antifricţiune. In aceste aliaje baza moale este eutecticul cu 13% Sb avînd duritatea de 7...8 HB, iar cristalele dure fiind cele de Sb(30 HB).

Aliajele Sn-Sb utilizate ca materiale antifricţiune au cca 13% Sb şi sînt bifazice formate dintr-o soluţie solidă α pe bază de staniu constituind baza moale, şi o soluţie solidă β' pe bază de compus intermetalic SnSb, constituind constituentul dur.

In aliajele Sn-Sb-Cu, constituentul dur este format din compuşii chimic Cu_3Sn, (cu duritatea 100 HB), SnSb şi $CuSb_2$, iar baza moale este formată din soluţia solidă α de stibiu şi cupru în staniu.

La noi în ţară aliajele antifricţiune pe bază de staniu, de plumb şi aluminiu folosite la piese de alunecare în construcţia de maşini sînt standardizate în STAS 202-73 care cuprinde 16 mărci de asemenea aliaje.

- Simbolul mărcilor cuprinde litera Y şi simbolul chi-

mic al elementului de bază după care, la aliajele pe bază de staniu, urmează două cifre indicînd cantitatea acestul metal în procente, iar la aliajele pe bază de plumb, respectiv de aluminiu, urmează simbolurile chimice ale elementelor de aliere principale cu conţinutul mediu în procente al fiecăruia în ordinea descrescătoare a acestora. La elementele de aliere sub 1% nu se mai indică conţinutul.

După standard cele zece mărci de aliaje pot fi clasificate în 3 grupe:

a - <u>Aliaje pe bază de staniu</u>: Y-Sn 89, (cu 7..8% Sb şi 3...4% Cu); Y-Sn 83, (cu 11% Sb şi 6% Cu); Y-Sn 80 (cu 12% Sb, 6% Cu şi 2% Pb). Acest aliaj este unul dintre cele mai valoroase, are structura formată din:

— α , soluţie solidă de Sb şi Cu în Sn (baza moale, de culoare închisă (fig.6.29), cu temperatura de topire de circa 237°C.

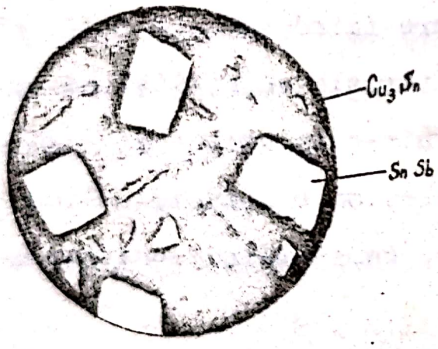


Fig. 6.29
Structura aliajului Y-Sn 83.

-SnSb cristale mari, pătrate (dure) de culoare albă cu temperatura de topire la 273°C.

-Cu_3Sn cristale mici şi aciculare (dure) albe care se topesc la 375°C.

Aliajele pe bază de staniu se utilizează la presiuni mici şi turaţii mari. Aceste aliaje au o duritate între 24...32 HB şi se întrebuinţează pentru cuzineţi la turbine cu abur: la turbocompresoare, motoare Diesel cu viteză mare; la electromotoare; la vagoane internaţionale şi la unele tipuri de locomotive cu viteză mare, maşini cu aburi staţionare şi marine; electromotoare, generatoare etc.

b - Aliaje pe bază de plumb; 5 mărci şi anume: Y-Pb Sn Io cu 15,5% Sb şi 1% Cu; Y-PbSn6Sb6 ; Y-PbSn6Cd cu 17% Sb şi alte elemente ca: As: o,7...o,8%; Cd: o,8...o,9; Ni: o,8...1,1: Y-PbSn5 cu 1o% Sb, o,3-o,6% Cu; Y-Pb98 cu o,o2...o,o4% As; o,22...o,25% Mg şi alte elemente ca: o,65...o,72% Cd, o,58..o,66% Ni.

Aceste aliaje au duritatea între 16...39 HB, o rezistenţă la compresiune de 13...17 daN/mm^2 şi o temperatură de turnare între 4oo-6oo^{o}C.

Se întrebuinţează pentru cuzineţi la biele şi osii la unele tipuri de locomotive cu viteză mare, vagoane internaţionale, la autocamioane, vagoane de călători etc.

c - Aliaje pe bază de aluminiu. Sînt standardizate două mărci: Y-AlSb5 cu o,3-o,7% Mg şi Y-AlSn6CuNi care mai conţine o,25-o,35% Sb; o,25-o,35 Mg şi o,4-o,6% Si. Aceste aliaje au duritatea între 25-45 HB, rezistenţa la compresiune între 64-68 daN/mm^2 cu temperatura de turnare peste 8oo^{o}C şi respectiv 65o^{o}C. Se întrebuinţează la confecţionarea de cuzineţi pentru motoare Diesel, motoare de autovehicule şi tractoare şi la cuzineţi şi bucşe solicitate puternic la uzură prin frecare.

Alte aliaje de aluminiu menţionăm:

- aliajul alcusin, cu 7,5...8,5% Cu, 1% Si şi restul aluminiu;

- aliajul Al-Ni cu 2,5% Ni etc.

2. Aliaje galbene pe bază de cupru, sînt bronzuri şi alame indicate pentru lagăre cu încărcări specifice mari. Astfel de exemplu în bronzuri conţinutul dur este format din porţiunile interdendritice bogate în staniu şi de eutectoidul $\alpha+\delta$. Baza moale este formată de axele şi ramurile dendrite-

lor α. In bronzul de plumb, constituentul moale este plumbul. Aceste aliaje au fost prezentate în cap. 6.2.3. şi 6.2.5.

3. Aliaje pe bază de zinc din sistemul Zn-Al, numite zinal cu proprietăţi bune de antifricţiune şi ieftine.

4. Alte aliaje si materiale antifricţiune diverse cum sînt:

- fontele speciale antifricţiune, standardizate în STAS 6707-73 şi care au fost prezentate în partea I a cursului, vezi cap. 3.6.5.1. pag. 461.

- materiale nemetalice, ca textolitul care este o masă plastică stratificată constituit din ţesături de bumbac aşezate în straturi impregnate cu 45-50% rezol. Lagărele de textolit înlocuiesc în unele cazuri cu succes lagărele de bronz, fiind mai durabile ca acestea. Teflonul (politetrafluoretilenă) şi alte mase plastice cu bune proprietăţi de antifricţiune.

- materiale sinterizate autolubrefiante din pulberi metalice. Compoziţia acestor materiale sînt din fier-grafit, fier-cupru-grafit şi diferite calităţi de bronzuri grafitate. Aceste materiale poroase îmbinate cu ulei au proprietăţi antifricţiune autolubrefiante cu performanţe ridicate. Astfel menţionăm banda specială a firmei Glaciel din Anglia constituită din trei straturi placate şi anume: o bandă de oţel acoperită electrolitic cu staniu pentru protecţia contra coroziunii; un strat mijlociu din bronz poros, realizat prin sinterizarea pe suprafaţa benzii a pulberii de bronz cu granule sferice, la care porii sînt umpluţi apoi cu amestec de teflon şi pulbere fină de plumb şi un strat superficial de cca. 0,025 mm grosime din acelaşi amestec de teflon cu plumb, realizat tot prin sinterizarea pulberii. Suportul de oţel furnizează rezistenţa mecani-

că necesară, stratul mijlociu de bronz împregnat asigură o conductibilitate termică corespunzătoare şi lucrează ca rezervor de amestec teflon-plumb pentru a asigura în timpul funcţionării un film de material cu un coeficient de frecare deosebit de redus şi o uzură foarte mică a suprafeţei de contact. Stratul superficial în perioada de rodaj furnizează un strat acoperitor de amestec teflon-plumb pe suprafeţele în frecare atenuînd rugozităţile şi conferind ansamblului proprietăţile sale favorabile în ce priveşte coeficientul de frecare. Din acest material se execută bucşe, şaibe de reazem, glisiere, lagăre sferice etc. Aceste materiale la noi în ţară deja sînt fabricate. Ele prezintă următoarele avantaje mai importante:

- bucşele confecţionate sînt subţiri, uşoare şi ocupă un spaţiu minim;
- sînt rezistente şi suportă sarcini mari;
- nu necesită lubrefiere;
- randamentul este satisfăcător la toate felurile de mişcare;
- au rezistenţa la uzură foarte bună;
- în mediile cu multe impurităţi rezistă mai bine decît alte materiale folosite pentru bucşe uscate;
- au o rezistenţă la coroziune foarte bună;
- pot lucra între temperaturi extreme de -2oo şi +28o°C.

6.8. Aliaje dure

Aliajele dure se caracterizează printr-un conţinut ridicat de elemente de aliere care formează cu carbonul o cantitate mare de carburi dure. Unele aliaje dure nu conţin deloc fier aliajul fiind format din carburi dure unite într-o masă

neferoasă. Proprietăţile caracteristice ale majorităţii aliajelor dure sînt: rezistenţa lor excepţională la roşu (de la 7oo - 11oo°C) şi duritatea înaltă 75-8o HRC şi chiar mai mare, duritate care nu poate fi atinsă de oţeluri prin nici - un tratament termic. In acest fel la majoritatea aliajelor dure se obţin excelente proprietăţi de aşchiere şi rezistenţă mare la uzură. In funcţie de procedeele de fabricare, aliajele dure principale se împart în aliaje de turnare şi aliaje sinterizate.

6.8.1. Aliaje dure de turnare . Sînt aliaje Co-Cr-W , numite "stelit" . Conţin 35-55% Co, 25-35% Cr, 1o-25% W, 1-3% C şi o - 1o% Fe. Au o duritate de 6o-62 HRC care se menţine pînă la 75o-8oo°C. Structura stelitelor se caracterizează printr-o mare cantitate de carburi dure incluse într-o bază sorbitică complexă. Se utilizează pentru piese de uzură mare (la foraj), putînd fi şi încărcat pe oţel prin sudură.

Există şi aliaje de turnare conţinînd carburi de wolfram şi molibden (W_2C şi Mo_2C) sau de crom, titan, tantal şi zirconiu. Pentru îmbunătăţirea tenacităţii se adaugă pînă la 2o% Fe, Ni şi Co. Duritatea acestor aliaje ating 7o-75% HRC cu o mare stabilitate la roşu. La looo°C au o duritate de 6o-65 HRC. Prezintă însă dezavantajul că sînt fragile şi se oxidează la temperaturi ridicate. Se utilizează mai rar pentru filiere şi aparate de măsură.

Aliajele dure de turnare în afară de fragilitate au şi neajunsul că uneori prezintă defectele inerente materialelor care se toarnă cum sînt: retasură de contracţie, sufluri etc.

6.8.2. Aliajele dure sinterizate, se obţin prin metodele metalurgiei pulberilor, sînt întrebuinţate îndeosebi la confecţionarea sculelor aşchietoare şi de asemenea pentru fi-

liere de diferite feluri. Ele sînt compuse din carburi stabile de W şi Ti , solidarizate prin Co.
Pot să mai conţină molibden, tantal şi altele. Sînt trei grupe de aliaje dure sinterizate folosite în tehnică:

1 - Pe bază numai de carburi de Wolfram, compoziţia acestor aliaje este în limitele 81-89% W, 5,2-6 % C, 5-13% Co .

2 - Pe bază de WC şi TiC de exemplu T15K6 cu 15% TiC, 79% WC şi 6% Co. Unul din aliajele cele mai răspîndite din această grupă este Widia de provenienţă germană şi are compoziţia 71% WC, 21% TiC şi 8% Co .

3 - Pe bază de TiC în care este dizolvat W . Aceste aliaje se utilizează pentru piese de uzură mare (foraj).

Duritatea acestor aliaje este obişnuit între 75-82 HRC. La 1000°C au o duritate de cca 65 HRC. Sînt folosite mai ales pentru fabricarea sculelor aşchietoare şi de asemenea pentru filiere de diferite feluri.

Ele permit să se lucreze cu viteze de aşchiere de 3-5 ori mai mare decît în cazul oţelurilor rapide. Ele au rezistenţa mecanică mult mai mică decît oţelurile rapide: R = 50-100 daN/mm^2 de asemenea au o tenacitate şi o rezilienţă foarte mică. Ca urmare ele nu se pot folosi acolo unde sînt sarcini variabile mari, vibraţii şi mai ales şocuri. Aliajele dure de aşchiere se fabrică în majoritatea cazurilor sub formă de plăcuţe de diferite dimensiuni(STAS 6373/1-73 şi STAS 6373/2.3-72)care servesc la prepararea sculei aşchietoare.Partea tăietoare a sculei se face din aliaje dure iar corpul sculei din oţel nealiat.Plăcuţele din aliaj dur se lipesc pe corpul de oţel cu cupru sau se prind pe cale mecanică.In general notaţia plăcuţelor fabricate de diferite ţări este diferită.La noi în ţară,prin STAS 6374-61 s-au adoptat recomandările ISO şi s-au prevăzut trei grupe prin-

cipale de utilizare a plăcuţelor din carburi metalice şi anume:

- grupa P (culoarea distinctivă albastră) destinată prelucrării materialelor feroase cu aşchii lungi (oţeluri)

- grupa M (galben) destinată prelucrării materialelor feroase cu aşchii lungi sau scurte şi a metalelor neferoase

- grupa K (vişiniu) destinată prelucrării materialelor feroase cu aşchii scurte (fonte), metalelor neferoase şi a materialelor nemetalice. Fiecare din aceste grupe principale este subdivizată în mai multe grupe de utilizare. Astfel grupa P se subdivide în 6 grupe de utilizare, notate cu simbolurile: P01; P10; P20; P30; P40 şi P50.

Grupa M se subdivide în 4 grupe de utilizare: M10; M20; M30 şi M40, iar grupa K se subdivide în 5 grupe: K01; K10; K20; K30 şi K40.

Pentru fiecare din aceste grupe de utilizare se specifică în standardele de stat materialul de prelucrat, domeniul de utilizare (degroşare sau finisare), procedeul de prelucrare şi condiţiile procesului de aşchiere. Se menţionează faptul că în cadrul fiecărei grupe, rezistenţa la uzură scade iar tenacitatea creşte în ordinea crescătoare a indicilor literelor respective. Plăcuţele cu indicii mici sînt recomandate pentru operaţia de finisare, deci viteză de lucru mare şi avans mic, iar cu indicii mai mari pentru operaţii de degroşare.

Aliajele dure sinterizate pentru aşchiere se folosesc la prelucrarea prin aşchiere a materialelor dure şi pentru viteze mari de aşchiere.

Tot din categoria aliajelor dure sinterizate fac parte şi produsele numite mineralo-ceramice sau ceramico-metalice formate din pulberi metalice şi nemetalice. Aceste produse se compun din oxizi, azotaţi, boruri, carburi de metale sinteri-

zate cu pulberile metalelor pure. Se utilizează ca produse dure la paletele pentru turbine, la motoarele cu reacţie, la scule de aşchiere. Dintre produsele folosite la confecţionarea părţii active a uneltelor aşchietoare, menţionăm produsul format din oxid de aluminiu (Al_2O_3) combinat cu oxizi alcalino-pămîntoşi şi o cantitate mică de oxid de plumb, produs ce dă rezultate mai bune decît aliajele dure sinterizate. Rezistă la temperaturi foarte ridicate, păstrîndu-şi proprietăţile aşchietoare pînă la 1100°C. Are şi o rezistenţă la compresiune foarte mare σ_{rc} = 170 daN/mm^2, în schimb are o rezistenţă mică la tracţiune (R=7,5 daN/mm^2) şi o tenacitate foarte scăzută.

Ţinînd cont de proprietăţile pe care le au plăcuţele din materiale mineralo-ceramice se pot folosi la finisarea şi semifinisarea pieselor din oţel, precum şi la toate operaţiile de aşchiere ale aliajelor uşoare unde forţele de aşchiere sînt relativ mici şi fără vibraţii şi şocuri.

Viteza de aşchiere poate ajunge în aceste cazuri la valori de sute sau chiar 1000-2000 m/min, fiind în genere de 2-3 ori mai mare decît în cazul plăcuţelor din carburi metalice.

Prinderea plăcuţelor mineralo-ceramice pe corpul sculei se face pe cale mecanică şi mai rar prin lipire.

Capitolul 7

METALURGIA PULBERILOR

Metalurgia pulberilor sau metaloceramica este o ramură nouă a metalurgiei în plină dezvoltare care se ocupă cu fabricarea unor produse din pulberi metalice, prin presare și sinterizare. Pulberile metalelor, metaloizilor, sau ale aliajelor, obținute prin diferite metode sînt presate în matrițe în formă de piese și apoi sînt supuse la un tratament termic denumit sinterizare, care constă dintr-o încălzire sub temperatura de fuziune a metalului de bază cu cîteva sute de grade.

Prin această metodă se pot prelucra atît pulberile unui metal cît și amestecurile diferitelor pulberi metalice cu pulberi nemetalice (grafit, oxizi etc). Materialele asociate din metale și substanțe nemetalice rezultate prin metalurgia pulberilor poartă denumirea de cermeți. In această categorie menționăm: cermeturile de carbură de titan, cermeturile de borură de crom, de zirconiu și compozițiile intermetalice de tipul siliciurii de molibden și aluminiurii de nichel. Menționăm faptul că în țara noastră la Institutul politehnic din Cluj, un colectiv de cadre didactice și cercetători sub conducerea prof.emerit ing. Alexandru Domsa a adus contribuții deosebit de importante la dezvoltarea metalurgiei pulberilor și au elaborat o serie de produse căutate și solicitate de diferite ramuri ale industriei.

Față de procedeele metalurgiei clasice, metalurgia pulberilor și respectiv fabricarea produselor prin agregare de pulberi prezintă următoarele două avantaje esențiale:

1 - posibilitatea de a elabora o serie de materiale metalice care nu pot fi obţinute pe altă cale;

2 - posibilitatea de a obţine direct, după presare şi sinterizare, materiale metalice sub forma pieselor finite, ce nu mai necesită prelucrări ulterioare şi cu maximum de economicitate a consumului de material.

In primul caz, fabricarea prin agregare de pulberi a permis obţinerea unor materiale importante din punct de vedere tehnic care nu puteau fi elaborate prin topire şi anume:

- metale refractare pure - V,Mo,Ta,Nb etc., cu temperatura de fuziune foarte ridicată din care cauză topirea şi turnarea sînt practic irealizabile, mai ales că la temperatura de topire aceste metale reacţionează puternic cu materialul ceramic al creuzetelor şi topitura se impurifică;

- aliajele dure sinterizate (vezi cap.6) cu structură omogenă: WC-Co; TiC-Co etc., care constau din combinarea unui produs dur refractar nedescompus (de ex. WC) cu un liant metalic tenace (Co). Prin turnare nu se obţin rezultate bune deoarece principalele carburi se descompun în stare topită, carbonul se separă sub formă de grafit şi după solidificare se obţine un material fragil cu structură neomogenă;

- materiale poroase cu structură capilară (cuzineţi, poroşi, filtre-metalice, diafragme etc).

- pseudoaliaje (W-Cu, Mo-Ag etc.) şi compoziţii de metale cu nemetale (Cu+grafit, bronz+grafit, Fe+mase plastice, metale+diamant) care constau în sinterizarea mai multor constituenţi care sînt insolubili sau foarte puţin solubili în fază lichidă şi deci în mod normal nu se pot alia prin topire.

- produse ceramico-metalice numite şi mineralo-ceramice formate din pulberile metalice şi nemetalice. (vezi cap. 6).

- amalgame dentare (pulberi de Ag,Cu,Zn cementate la temperatura ordinară cu Hg) , care nu se pot prepara prin topire.

Din a doua categorie fac parte materialele care se pot elabora prin procedeul clasic al topirii, însă elaborarea lor prin aglomerare de pulberi prezintă avantaje tehnico-economice. Astfel se obţin:

- metale şi aliaje de mare puritate ;

- materiale utilizate în tehnica vidului înaintat, de mare omogenitate structurală şi uniformitate a proprietăţilor fizice;

- materiale magnetice pentru miezuri magnetice şi magneţi permanenţi;

- piese de rezistenţă şi diferite organe de maşini în construcţia de maşini cum sînt; roţi dinţate sinterizate cilindrice, elicoidale, conice cu dinţi înclinaţi, segmente dinţate etc. Pentru fabricarea lor se folosesc diferite materiale sinterizate (fier, oţel, bronz, alamă). Segmenţi de piston care se obţin pe bază de pulberi de oţel slab aliat cu Cr (1-1,5%), conţinînd eventual molibden (0,5-0,6%) şi mici adausuri de cupru şi plumb cu mare rezistenţă la uzură.

In afară de aceste produse pulberile metalice au o serie de domenii de utilizare ca de exemplu:

- la tăierea cu pulberi metalice insuflate în flacăra oxiacetilenică;

- la realizarea cuplajelor electromagnetice cu pulberi;

- în industria coloranţilor;

- în construcţii pentru obţinerea betonului celular.

Datorită acestor avantaje, metalurgia pulberilor este în dezvoltare continuă ocupînd domenii tot mai largi în indus-

tria constructoare de maşini, în industria electrotehnică, reactoare etc.

Fazele principale în procesul tehnologic al metalurgiei pulberilor sînt:

- prepararea pulberilor metalice
- pregătirea pulberilor sau a amestecului de pulberi pentru formare sau păstrare
- punerea în matriţă a amestecului şi presarea lui
- sinterizarea produselor presate
- operaţii suplimentare
- controlul produselor sinterizate.

7.1. Prepararea pulberilor metalice

Constituie faza cea mai importantă a procesului tehnologic. Proprietăţile produselor metaloceramice depind în mare măsură de proprietăţile fizice şi chimice ale pulberilor metalice. Astfel din punct de vedere fizic prezintă o importanţă deosebită forma, suprafaţa şi mărimea granulei, densitatea de umplere prin aşezare liberă şi prin scuturare, precum şi duritatea şi plasticitatea pulberii. Din punct de vedere chimic prezintă importanţă conţinutul de oxigen, carbon, siliciu, fosfor etc. Mărimea granulelor variază între 0,1-1000 μm în funcţie de felul elaborării.

Metodele de elaborare a pulberilor metalice se împart în două grupe mari:

- metode mecanice
- metode fizico-chimice

7.1.1. Metode mecanice

Clasificarea metodelor mecanice de elaborare şi domeniul de utilizare a pulberilor este prezentată în tabelul 7.1.

Metode mecanice de elaborare și domeniul de utilizare a pulberilor metalice

Tabelul 7.1

Metode			Materia primă		Pulberea: Compoziție	Pulberea: Formă	Pulberea: Mărimea grăuntilor în μm	Domeniul de utilizare
Din faza solidă	Dezintegrare grosolană și fină prin măcinare	în mori cu bile și în mori vibratoare	Metale casante		Mn, Cr, Sb, Bi, Co	-		Piese de mașini pentru industria chimică
			Metale plastice făcute casante	burete din minereuri	Fe	Poliedrică, acriculară, disc.	10-1000	Lagăre poroase, piese de mașini
				precipitate electrolitice	Fe, Cr			
				așchii, sîrme	Fe Al Cu			
			Aliaje casante		Fe-Al Fe-Cr etc			Magneți, piese de mașini
		în mori cu vîrtej	Materiale metalice plastice		Fe, Ni-Fe Cu, Ag, Al	Disc	20-1000	Lagăre poroase, amalgame, s.a
Din faza lichidă	Granulare	în apă	Materiale metalice plastice în stare lichidă		Fe, Pb	Sferică	100-500	Lagăre poroase, cărbune metalic, filtre, magneți, piese de mașini, amalgame, etc.
		prin agitare în cursul solidificării			Al, Cd, Sn, Zn		<250	
	Pulverizare	Centrifugală cu aer și apă DGP, jeturi de apă	Materiale metalice plastice în stare lichidă		Fe, Cu Ni, Al Bz, Am Pb-Cu etc.	Sferică	20-400	
		Cu aer și aburi D, RZ			Al Co Fe			

In continuare se prezintă cele mai uzuale metode mecanice de elaborare a pulberilor metalice.

A - Din fază solidă

Măcinarea în mori cu bile şi vibratoare. Metoda utilizează morile cu bile clasice, pentru elaborarea unui număr restrîns de pulberi, cum sînt pulberile de feroaliaje, de metale dure, de prealiaje casante, la măcinarea catozilor fragili, obţinuţi prin electroliză, la măcinarea aşchiilor de fontă sau oţel etc. Dezavantajul principal al măcinării în morile clasice cu bile îl constituie faptul că metoda poate fi aplicată în general numai în cazul metalelor şi aliajelor casante. Alt dezavantaj este impurificarea pulberii măcinate cu materialul bilelor şi al căptuşelii morii. Măcinarea în mori vibratoare cu bile se aplică în special la fabricarea pulberilor fine şi foarte fine de aluminiu, a carburii de Wolfram şi de titan sau a pulberii fine de grafit. Forma pulberii la măcinarea în mori cu bile şi vibratoare este poliedrică, disc sau aciculară iar mărimea grăunţilor variază între 10-1000 μm . Se folosesc la piese de maşini, lagăre poroase, magneţi etc.

Măcinarea în mori cu vîrtej. Metoda permite măcinarea fină şi în cazul metalelor cu tenacitate ridicată, cum este oţelul moale, cuprul, aluminiul ş.a.

Alimentarea morilor cu vîrtej se face cu material pregranulat (bucăţi de sîrmă, aşchii, bucăţi de sîrmă, deşeuri industriale etc).

Schema de principiu a unei astfel de mori cu vîrtej tip Hametag este reprezentată în fig.7.1.

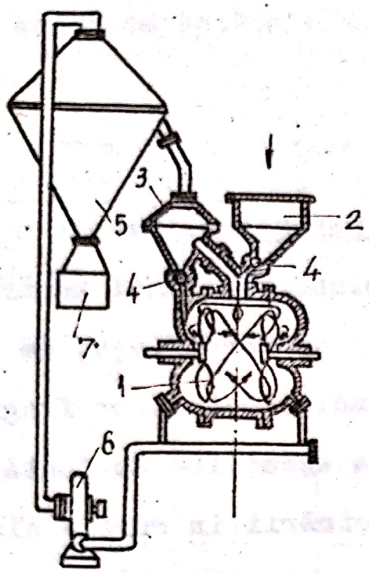


Fig. 7.1.
Schema morii cu vîrtej tip Hametag

1 - elice
2 - buncher de alimentare
3 - ciclon
4 - siber
5 - ciclon pentru pulbere măcinată
6 - ventilatoare
7 - buncher

Elicele lovind materialul provoacă în parte sfărîmarea lui şi în acelaşi timp creează doi curenţi de gaze cu viteze foarte mari (peste 50 m/s) dirijaţi în sens contrar, antrenînd particole metalice care astfel se ciocnesc între ele cu mare energie ceea ce va avea ca urmare un puternic efect de măcinare.

Elicele şi carcasele morii se construesc din oţel dur manganos. Pulberile măcinate în mori cu vîrtej prezintă un înalt grad de ecruisare şi o duritate ridicată, fiind necesar un tratament termic de recoacere în atmosferă reducătoare.

Pentru a împiedica oxidarea particolelor de pulbere în spaţiul de măcinare se introduce un gaz de protecţie ca de exemplu: azot, hidrogen. Productivitatea este de 10...15 Kg/h. Grăunţii pulberii au în general formă de disc cu mărimile între 20-1000 μm . Se folosesc în general pentru lagăre poroase, amalgame etc.

B - <u>Din fază lichidă</u>

<u>Prin pulverizare</u>. Pulverizarea sub presiune a metalelor lichide denumită şi metoda "D" (Druckverdüsung) se aplică în mai multe variante, cea mai reprezentativă fiind schematizată în fig. 7.2.

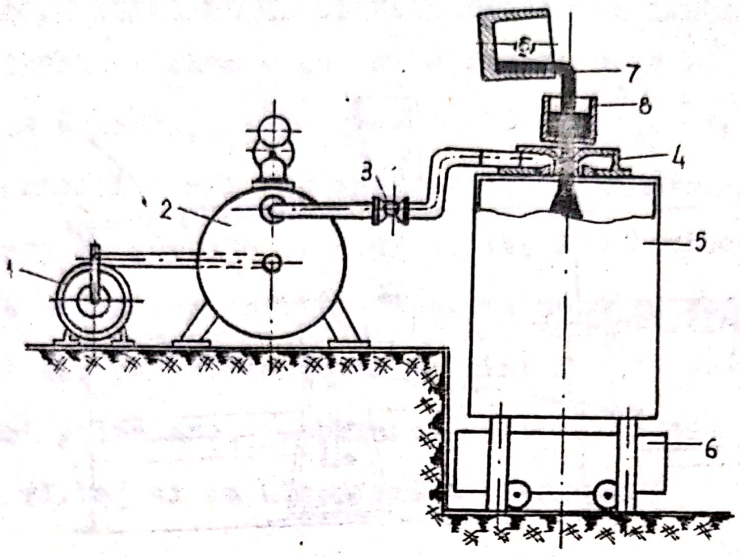


Fig. 7.2

1- compresor; 2- cameră de aer; 3-ventil de reglare; 4- duză inelară; 5- cameră de pulverizare;6- vană de apă; 7- oală de turnare; 8-creuzet intermediar.

Jetul de metal topit care curge din creuzetul 8 este antrenat de aerul comprimat la 5...8 daN/cm^2 cu viteza de 300-400 m/s prin duza inelară 4 pulverizînd, astfel, metalul cald într-o baie de apă. Particulele rezultate au în general tendinţa de sferoidizare, obţinîndu-se pulberi sferice, utilizate la fabricarea filtrelor.

Forma şi compoziţia granulometrică a pulberilor poate fi influenţată prin varierea parametrilor tehnologici sau prin adăugarea unor componenţi de aliere care modifică vîscozitatea şi tensiunea superficială a metalului topit. In alte variante, în locul aerului comprimat se pot utiliza gaze inerte sau reducătoare, sau aburi, iar în locul apei, tuneluri de răcire.

O altă metodă de pulverizare din stare lichidă este metoda centrifugală prin disc cu fante .

Pulverizarea centrifugală se realizează cu ajutorul

unei instalaţii arătată schematic în fig. 7.3.

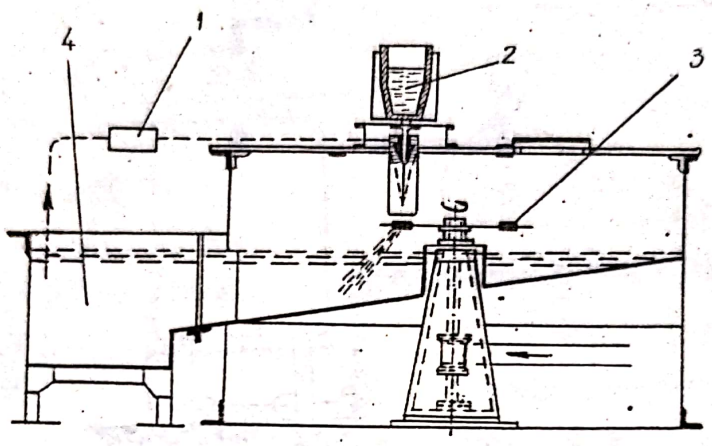


Fig. 7.3

Vîna de metal care iese din oala 2 prin ajutaj trece printr-un curent de apă sub presiune care o proiectează pe un disc rotativ 3 cu fante radiale echipate cu palete, care pulverizează foarte fin materialul.

Furnizarea apei sub presiune se face de la o pompă centrifugală 1 care este alimentată din rezervorul 4. Pulberea obţinută se usucă, se cerne şi se recoace în atmosferă reducătoare. Capacitatea aparatului este de 1 tonă pe oră. Prin acest procedeu se obţin pulberi de fier, cupru, nichel, aluminiu, argint, bronzuri, alame etc. Tot în categoria metodelor mecanice de elaborare a pulberilor intră şi metodele de granulare din faza lichidă. Dintre aceste metode menţionăm:

- granularea prin turnare în apă, constă în a lăsa metalul topit să cadă de la o anumită înălţime, sub formă de vînă, într-un vas cu apă; în contact cu apa metalul se solidifică în granule de formă poliedrică neregulată şi sferică, oxidate. Procedeul se aplică metalelor uşor fuzibile şi aliajelor lor,

uneori fontei şi oţelurilor.

- granularea prin agitarea metalului lichid, se bazează pe proprietatea pe care o au unele metale de a se solidifica sub formă de pulberi, dacă topitura lor este puternic agitată în timpul solidificării. Agitarea se realizează, fie agitînd vasul în care se găseşte metalul topit, fie lăsînd să cadă metalul topit sub formă de vine fine, pe un disc rotativ rece. Si în acest caz pulberile obţinute sînt foarte oxidate.

După granulare, prepararea pulberilor este continuată în mori cu vîrtej şi cu atmosferă de hidrogen.

7.1.2. Metode fizico-chimice

Clasificarea metodelor fizico-chimice de elaborare şi domeniul de utilizare a pulberilor metalice este prezentată în tabelul 7.2.

In continuare se prezintă cele mai utilizate metode fizico-chimice de elaborare a pulberilor metalice.

A. Din fază gazoasă

Prin condensarea vaporilor metalici aplicată în special metalelor cu temperatura de evaporare joasă; vaporii acestor metale se condensează (pe sticlă sau pe alte suprafeţe pe care nu aderă), în particule foarte fine 0,1...10 μm , cu formă aproape sferică. Procesul se aplică la obţinerea pulberii de zinc, magneziu, cadmiu etc.

Metoda carbonil. Metoda constă în obţinerea pulberilor din faza gazoasă şi se aplică pentru Fe,Ni,Co,Cr,Mo,W etc. Pulberile obţinute pe această cale sînt foarte fine şi extrem de pure, utilizate în special pentru obţinerea materialelor magnetice sinterizate. Metalul tratat cu oxid de carbon în

Metode fizico-chimice de elaborare și domeniul de utilizare a pulberilor metalice

Tabelul 7.2

	Metode		Materia primă	Pulberea			Domeniul de utilizare
				Compoziție	Formă	Mărimea grăuntilor în μm	
Din faza gazoasă	Prin condensare		Vapori de metal	Zn, Mg, Cd	Sferică	0,1-10	Lagăre poroase, cărbune metalic, bimetale, magneți, materiale pentru vid, aliaje dure, filtre
	Procedeul carbonil		Carbonil de metal	Ni, Fe, Co, Cr		0,1-5	
Din faza lichidă	Reducere	Soluții apoase de săruri	Săruri de Ag, Au, Pt, Sn	Ag, Au, Pt, Sn	Poliedrică spongioasă	0,1-10	Amalgame, lagăre poroase, contacte electrice (W-Ag)
		Topituri de săruri	Cloruri, floruri și sărurile elementelor	Ta, Nb Ti, Tn, Zr, V			Materiale pentru vid, industrie, etc
	Electroliză	Soluții apoase de săruri	Săruri de Fe, Cu, Pb, Sn, etc	Fe, Cu, Pb, Sn	Neregulată, dentritică și aciculară poroasă	0,1-30	Lagăre poroase, cărbune metalic, magneți, etc.
		Topituri de săruri	Săruri pentru Zr V, Ta, Nb, Ti, Th	Ta, Th, Nb, Ti Zr, V		0,1-10	Materiale pentru industria chimică, etc.
Din faza solidă	Reducerea compușilor chimici la temperatură înaltă: Hogonas; Pyran, H. Iron; CH_4 convertit; CH_4 neconvertit; FREM.		săruri organice. Oxizi metalici, minereuri.	W, Mo, Fe, Ni, Ca, Co, Ti, Zr, U	Neregulată cu asperități și spongioasă		Filamente pentru becuri, plăcute pentru contacte electrice, aliaje dure, magneți.
	Coroziune intercristalină		Otel inoxidabil	Cr, Ni		200	Piese de mașini și industria chimică
	Reacții chimice cu metaloizi		Metale și oxizi de metale	Carburi, nitruri, boruri de W, Mo, Ta, Ti		1-50	Aliaje dure

Scanned with OKEN Scanner

anumite condiţii de temperatură şi presiune în instalaţii speciale, se transformă în carbonilul metalului respectiv după reacţia $nM+m(CO) \rightleftharpoons Mn(CO)m$. Carbonilul are proprietatea de a se vaporiza la temperaturi foarte scăzute, descompunîndu-se în CO şi în metalul respectiv sub formă de pulbere după reacţia: $Mn(CO)m \rightleftharpoons nM+m(CO)$. Dacă se supune descompunerii un amestec de carbonili, se pot obţine direct pulberi de aliaje (Fe-CO, Fe-Ni, Fe-Mo, Ni-Co).

B. Din fază lichidă

Reducere din fază lichidă, constă în precipitarea chimică a pulberilor metalice dintr-o soluţie sau dintr-o topitură, printr-un metal înlocuitor. Pe această cale, se poate obţine de exemplu pulbere de argint reducînd soluţia de azotat de argint cu zinc

$$2AgNO_3 + Zn \longrightarrow 2Ag + Zn(NO_3)_2$$

Metalul se obţine sub formă de masă spongioasă care se macină uşor în mori cu bile.

La fel se pot scoate din soluţii şi alte metale ca: Ni, Zn, Cu, Au, Pt.

Metoda electrolitică. Electroliza soluţiilor apoase - sau a sărurilor topite este un procedeu aplicat frecvent la prepararea pulberilor de fier, de cupru, plumb, staniu din soluţii apoase, respectiv de tantal, titan, vanadiu, beriliu, toriu, uraniu, din săruri topite.

Metoda electrolitică permite obţinerea pulberilor de mare puritate. Prin varierea parametrilor chimici şi termici ai electrolizei se pot obţine pulberi cu granulaţie diferită ajungîndu-se pînă la un grad de fineţe coloidală.

C. Din fază solidă

Prin reducere cu diferiţi agenţi (hidrogen, amoniac, cărbune solid, gaz metan) a oxizilor de metal permit obţinerea pulberilor metalice. Astfel de exemplu reducerea cu hidrogen asigură obţinerea pulberii cu puritate ridicată. Din cauza preţului şi a pericolului de explozie folosirea hidrogenului este limitată. Capacitatea de reducere a hidrogenului creşte prin adăugarea unor cantităţi reduse de CO.

Reducerea cu hidrogen se foloseşte pentru fabricarea pulberii de fier dar se poate folosi cu succes şi la reducerea oxizilor de W,Mo,Cu,Ni,Co,Ag etc.

Reducerea se face la temperaturi ridicate între 500-1200°C în funcţie de natura metalului.

De exemplu:

$$WO_3 + 3H_2 \rightarrow W + 3H_2O$$

sau reducerea cu carbon

$$WO_3 + 3C \longrightarrow 3CO + W$$

Reducerea cu gaz metan convertit: lucrează cu atmosferă reducătoare, obţinută într-o instalaţie separată, prin convertirea gazului metan cu vapori de apă după reacţia globală (în prezenţa Ni metalic,drept catalizator),

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$$

Amestecul reducător are cca 75% H_2 şi 23% CO avînd proprietăţi pronunţate de reducere.

Menţionăm că la Institutul politehnic Cluj a fost elaborată o metodă originală de reducere cu gaz metan neconvertit. In acest caz gazul metan este introdus direct în spaţiul de reacţie al cuptorului, fiind asigurată atît reducerea oxizilor de fier pînă la fier metalic cît şi regenerarea continuă a agen-

ţilor reducători. La temperaturi ridicate, în prezenţa fierului metalic, metanul se descompune în carbon elementar şi în hidrogen, doi agenţi reducători eficaci. Pulberile rezultate sînt de calitate superioară şi se obţin la un preţ inferior celor fabricate prin alte procedee.

Celelalte metode de elaborare a pulberilor au o aplicabilitate mai restrînsă utilizarea lor fiind mai răspîndită în laboratoarele de cercetare.

7.2. Pregătirea pulberilor sau a amestecului în pulberi pentru formare sau păstrare

După preparare, pulberile sînt cernute şi sortate. Pentru pulberile ce prezintă grad ridicat de ecruisare sau o cantitate de oxizi ce depăşeşte limita admisă se aplică un tratament termic în atmosferă reducătoare la o temperatură de circa 0,5-0,7 din temperatura absolută de topire. Aglomeratele de pulberi după elaborare sau tratament termic sînt dezintegrate. Pentru determinarea caracteristicilor fizice, chimice şi mecanice pulberile sînt supuse unei analize. Urmează apoi dozarea amestecului de pulberi în funcţie de caracteristicile lor şi de proprietăţile pe care trebuie să le aibă produsul finit.

După dozare urmează omogenizarea amestecului de pulberi prin măcinare în mori, cu bile sau mori vibratoare şi uneori omogenizarea umedă cu alcool, benzină sau chiar apă.

In cazul în care pulberile nu se utilizează imediat se ambalează pentru păstrare.

7.3. Punerea în matriţă a amestecului şi presarea lui

Operaţia de presare a pulberilor are drept scop obţinerea piesei de configuraţie dorită. Metoda cea mai folosită este

presarea pulberilor în matriţă datorită următoarelor avantaje:

- se realizează produse cu o calitate superioară a suprafeţelor şi cu o mare precizie a geometriei;

- porozitatea, respectiv compactitatea, se pot realiza în limite largi variind forţa specifică de presare;

- procesul de presare în matriţă prezintă o mare productivitate, ajungîndu-se la presele moderne pînă la 12o-2oo buc/min.

La procesul de presare un rol important are factorul de umplere, care este raportul între înălţimea de umplere şi înălţimea corpului presat. De exemplu dacă avem de presat un corp cilindric cu înălţimea h_2 (fig.7.4) atunci înălţimea de umplere h_1 cu pulbere afînată se determină din relaţia:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$h_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot h_2$$

γ_1 şi γ_2 fiind greutăţile specifice a pulberilor afînate şi respectiv a corpului presat. La dimensionarea matriţelor se ia în considerare factorul de umplere a pulberilor respective.

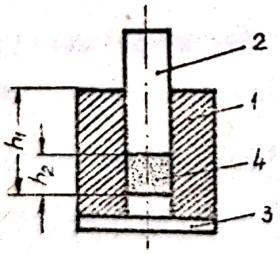


Fig.7.4

1-matriţa; 2-poansonul; 3-placa de bază; 4-pulbere.

Spre deosebire de lichide, unde presiunea se propagă în toate direcţiile, la presarea pulberilor presiunea se propagă numai în direcţia de presare. Din acest motiv construcţia matriţelor pentru piese mai complicate este foarte complicată şi calitatea produsului depinde în mare măsură de executarea corectă a acestora. Presa-

rea se recomandă să se facă cu viteză mică, iar la sfîrşitul presării se recomandă menţinerea forţei de presare timp de 30 secunde, pentru evacuarea aerului închis şi egalizarea presiunilor interioare. Scoaterea piesei presate din matriţă se realizează printr-o mişcare în sens invers direcţiei de presare prin ridicarea poansonului inferior, sau prin coborîrea matriţei peste poansonul inferior. Din punct de vedere constructiv matriţele se împart în:

- matriţe cu acţiune unilaterală cînd numai unul din poansoane este mobil de obicei cel superior;

- matriţe cu acţiune bilaterală cînd ambele poansoane sînt mobile sau cînd poansonul superior şi mantaua matriţei sînt mobile. In fig. 7.5 se prezintă o matriţă cu acţiune bilaterală cu miezul fix.

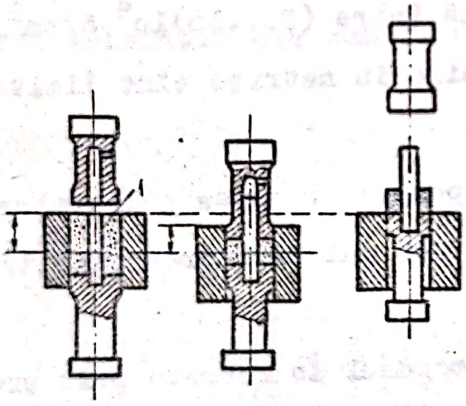


Fig. 7.5

1 - m i e z

In timpul presării datorită deformării plastice a particulelor creşte simţitor suprafaţa de contact dintre acestea şi în acelaşi timp cresc foarte mult şi forţele de coeziune dintre particule asigurîndu-se rezistenţa pieselor. La presiuni mari se produce şi ecruisarea straturilor superficiale, care creşte în adîncime pe măsură ce presiunea creşte. Menţionăm că intensitatea presiunii folosite la presare influenţează direct gradul de consolidare la pulberi în sensul că densitatea aparentă şi proprietăţile mecanice cresc cu creşterea presiunii, însă numai pînă la o valoare optimă a

a presiunii. Depăşirea acestei valori provoacă o ecruisare atît de pronunţată a pulberii încît deformaţiile favorizează apariţia fisurilor sau produc chiar sfărîmarea produsului.

Factorii principali care influenţează presarea pulberilor metalici sînt: caracteristicile pulberii, modul de aplicare a presiunii (unilaterală, bilaterală, lent, rapid) valoarea presiunii şi forma matriţelor.

In majoritatea cazurilor se obţin produse de mare compactitate chiar în stare nesinterizate.

Domeniul de aplicare al acestui procedeu este limitat de mărimea şi configuraţia fabricatului. Configuraţia trebuie să fie relativ simplă pentru a permite scoaterea presatului din matriţă, iar secţiunile maxime sînt limitate de forţele de presare care la utilajele moderne ajung la 2×10^7 N/cm^2 . Ştiind că presiunea de compactizare variază între $(2...10)10^4$ N/cm^2 rezultă că secţiunile maxime presabile în matriţe sînt limitate la 100...200 cm^2 .

Presele folosite de obicei pentru presarea pulberilor sînt prese mecanice sau hidraulice, cea mai mare productivitate o au presele mecanice.

Menţionăm că în afară de procedeul de formare prin presare a pulberilor în matriţă în practică de utilizează mai restrîns şi alte procedee de presare cum sînt:

- presarea pulberilor în matriţă la cald;
- presarea izostatică a pulberilor;
- presarea pulberilor prin explozie;
- extrudarea pulberilor;
- laminarea pulberilor;

De asemenea se mai foloseso şi procedee de formare fără presare cum sînt:

- vărsare simplă fără tasare ;
- vărsare în forme de ipsos (Slip-Casting) ;
- vărsare simplă şi compactizare prin vibrare.

7.4. Sinterizarea produselor presate

După presare, piesele sau semifabricatele presate sînt supuse unui tratament termic de sinterizare cu scopul obţinerii rezistenţei necesare. La sinterizare metalul nu se topeşte deoarece temperatura de sinterizare se situează sub punctul de fuziune. Practic temperatura de sinterizare se situează între o,75...o,8 din temperatura absolută de topire a componentului principal.

Fenomenele care apar la sinterizare sînt de natură foarte complicată. In general mecanismul sinterizării poate fi reprezentat schematic aşa cum se arată în fig. 7.6.

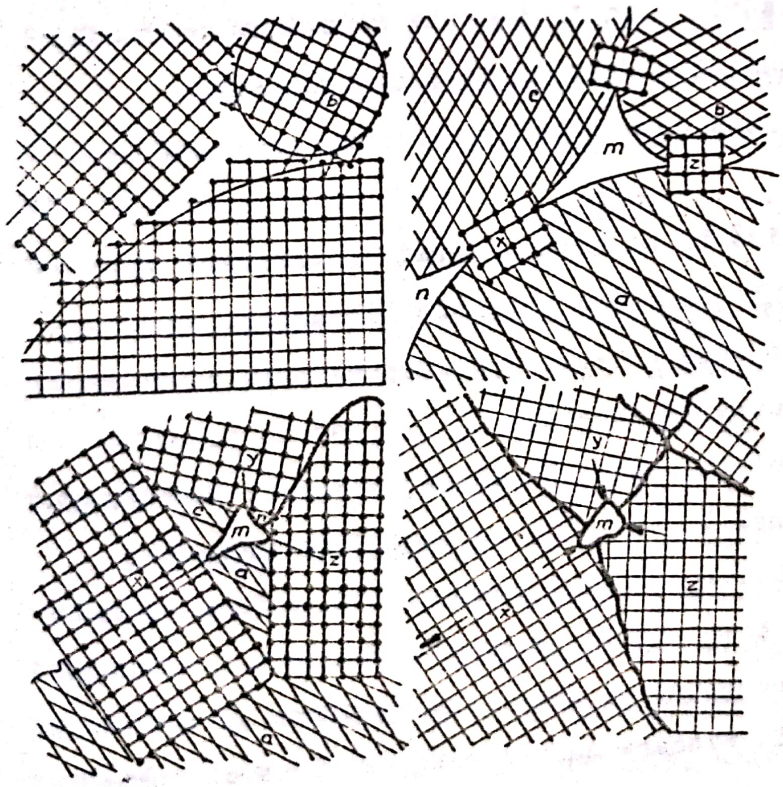


Fig.7.6
Mecanismul sinterizării pulberilor metalice cu un singur constituent.

Legătura între granulele pulberilor presate se rezumă la fenomenul de difuziune cauzat şi sprijinit prin deformări locale la rece. Ca urmare în punctele şi suprafeţele de contact apar tensiuni şi centre de recristalizare care vor constitui locuri de pornire pentru recristalizarea corpurilor sinterizate. Aşa cum se vede în figura 7.6, în timpul sinterizării reţele noi stabile se dezvoltă, consumă reţelele vechi instabile pînă cînd se ajunge la o recristalizare totală.

Cercetările au arătat că efectele sinterizării sînt frînate de toţi factorii care împiedică contactul direct metalic dintre granule ca: pelicule de oxizi, impurităţi, gaze etc.

Sinterizarea se face aproape întotdeauna fără prezenţa aerului fie într-un mediu de gaz inert (azot) sau în vid, fie într-un mediu reducător (hidrogen, gaz de iluminat, amoniac disociat, oxid de carbon) cînd pulberile se oxidează uşor ca de exemplu oţel, cupru, wolfram, molibden, şi aliajele lor.

Durata sinterizării este în funcţie de natura pulberii, de compactitatea produsului presat şi de temperatură.

In tabela 7.3 sînt date cîteva indicaţii practice privind sinterizarea.

In urma sinterizării se produc anumite deformări ale pieselor, care, în cazul cînd sînt necesare dimensiuni precise, pot fi eliminate prin o nouă presare (calibrare) prin care se îmbunătăţesc şi proprietăţile mecanice.

Sinterizarea se realizează în diferite tipuri de cuptoare, cu regim continuu sau intermitent cu încălzire indirectă (cu muflă sau cu clopot). Incălzirea cuptoarelor se face în majoritatea cazurilor pe cale electrică cu rezistenţă sau inducţie (cuptoare cu înaltă frecvenţă) şi uneori se folosesc şi combustibili gazoşi sau lichizi. Fiecare cuptor este prevăzut cu insta-

laţii care permit ca atît sinterizarea cît şi răcirea să se desfăşoare într-o atmosferă protectoare, deoarece produsele metaloceramice fiind poroase se oxidează uşor. De asemenea se folosesc pentru sinterizare şi cuptoare cu vid.

In ultimul timp se foloseşte sinterizare sub presiune combinîndu-se presarea cu sinterizarea, obţinîndu-se productivitate mărită şi caracteristici mecanice superioare. Procedeul se aplică mai ales pulberilor Cu-Pb-Sn-grafit (bronzuri grafitate) şi altor produse similare.

7.5. Operaţii suplimentare

Uneori sinterizarea este operaţie finală, dar de cele mai multe ori piesele presate şi sinterizate se mai supun şi altor prelucrări cum sînt:

Calibrarea se aplică după sinterizare produselor finite care necesită o mare precizie dimensională.

Compactizarea urmăreşte pe lîngă precizie dimensională şi mărirea densităţii produsului în vederea îmbunătăţirii proprietăţilor mecanice. Uneori calibrarea şi compactizarea se reunesc într-o singură operaţie.

Aschierea produselor sinterizate se aplică rar, pentru unicate sau produse de serie mică. Această operaţie prezintă dezavantajul că măreşte preţul de cost şi influenţează negativ porozitatea şi calitatea suprafeţei.

Tratamente termice se aplică rar. Dintre tratamentele termice care se utilizează uneori în special la produse mai puţin poroase menţionăm: recoacerea de recristalizare, călirea şi revenirea şi durificarea prin precipitare. Dintre tratamentele termice de suprafaţă amintim: călirea, cementarea, cianizarea, cromarea de difuzie şi fosfatarea.

Indicații practice privind sinterizarea

Tabelul 7.3

Material	Atmosfera de protecție	Temperatura de sinterizare °K / °C	Timpul de sinterizare min.	Observații
Fe și aliaje de Fe	Amoniac disociat, gaz ars parțial	1173...1473 / 900...1200	30...90	Pentru evitarea decarburării CO/CO_2 va fi mic
Aliaje de Bz		973...1143 / 700...870	15...25	—
Material de fricțiune		1003...1123 / 730...850	30...60	Sinterizarea și lipirea pe placă de oțel se face simultan
Materiale pentru contacte	H_2 Amoniac disociat	1173...1473 / 900...1200	10...25	—
Magneți permanenți	H_2	1523...1623 / 1250...1350	60...180	Din cauza Al este nevoie de H_2 purificat și uscat
Aliaje dure	H_2	1623...1873 / 1350...1600	45...120	Eventual se sinterizează în vid (TiC) sau presare la cald
Metale refractare W, Mo, Ta, Nb	H_2 (W Mo) vid (Ta, Nb)	2473...3473 / 2200...3200	15...40	Barele de W și de Mo se pre-sinterizează la temperaturi mai scăzute

Scanned with OKEN Scanner

7.6. Controlul produselor sinterizate

Deoarece proprietăţile produselor sinterizate sînt specifice procesului tehnologic de fabricare, controlul şi determinarea acestor proprietăţi se realizează prin încercări, determinări şi analize corespunzătoare acestor proprietăţi specifice.

7.7. Consideratii tehnico-economice

Metalurgia pulberilor faţă de alte procedee tehnologice prezintă următoarele avantaje .

- Faţă de turnare,se pot respecta toleranţe strînse, se obţine o structură cu granulaţie mai fină, timpul de lucru este mai redus, defectele inerente pieselor turnate sînt eliminate, piesele obţinute nu necesită curăţire etc.

- Faţă de ştanţare, se evită deşeurile de ştanţare, necesită o singură operaţie de lucru, se evită recoacerile intermediare.

- Faţă de prelucrarea prin aşchiere, se evită deşeurile de prelucrare, timpul de lucru cu mult mai redus, nu sînt necesare maşini speciale şi muncitori calificaţi.

In general se constată că în cazul procedeului metaloceramic investiţiile în utilaje şi unelte (matriţe de presat) sînt mai mari, însă cheltuielile de fabricaţie sînt mai mici decît în cazul procedeelor clasice, fapt care face ca procedeul metaloceramic să fie rentabil numai dacă numărul pieselor de confecţionat este mai mare de 5.ooo ... lo.ooo bucăţi.

Capitolul 8

PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN TURNARE

Cursul 10

8.1. Introducere

Importanta turnătoriei si istoric

Materialele şi aliajele elaborate prin diverse procedee, în continuare se prelucrează prin diferite procedee tehnologice ca: turnarea, laminarea, forjarea, ambutisarea, ştanţarea etc., cu scopul obţinerii pieselor de maşini, şi a altor produse finite.

Turnarea este una dintre metodele cele mai obişnuite şi mai economice ale tehnicii actuale de obţinere a produselor metalice. De aceea turnătoriile sînt larg răspîndite şi reprezintă o subramură industrială importantă a economiei noastre naţionale.

Rolul important pe care turnătoriile îl joacă în construcţia de masini se datoreşte faptului că prin turnare se pot realiza cu uşurinţă piese de forme dintre cele mai complicate, cu un utilaj simplu, din materii prime nepretenţioase, la un preţ de cost redus. In construcţia de maşini şi utilaje, greutatea pieselor turnate reprezintă aproximativ 60...90% din greutatea totală a produselor finite. Aceasta înseamnă că cca. 20...25% din valoarea totală a maşinilor fabricate este reprezentată de piesele turnate. Prin turnare se pot obţine piese cu o configuraţie foarte complicată, avînd greutatea de la 50 grame, pînă la cîteva sute de tone.

Semifabricatele pentru construcţia de maşini sînt principalele, însă nu singurele, produse ale turnătoriilor. O importantă parte a produselor turnătoriilor o constituie utilajul de turnare pentru oţelării, (lingotiere, poduri, pîlnii, maselotiere), instalaţiile de alimentare cu apă şi de canalizare a oraşelor, cazane, radiatoare pentru încălzire centrală, vană şi robinete pentru diverse destinaţii etc.

Importanţa turnătoriei rezultă şi din faptul că o mare parte din metalele şi aliajele utilizate în construcţia de maşini, nu pot fi utilizate decît în stare turnată, deoarece ele nu pot fi prelucrate prin deformare plastică, cum sînt : fontele cenuşii, fontele maleabile, alamele cu procent ridicat de zinc, bronzurile cu procent ridicat de staniu, unele aliaje de aluminiu etc.

După caracteristicile aliajelor care se toarnă, turnătoriile se împart în :

- turnătorii de fontă;
- turnătorii de oţel;
- turnătorii de metale neferoase.

In unele cazuri, secţiile de turnătorie cuprind toate cele trei ramuri, iar în altele, sînt specializate într-o singură ramură.

Turnătoria este cunoscută din cele mai vechi timpuri. Cea mai veche este turnătoria de metale neferoase. O întreagă epocă din istoria omenirii începînd de la sfîrşitul epocii neolitice (2000-3000 ani î.e.n.), este caracterizată prin întrebuinţarea bronzului turnat pentru confecţionarea uneltelor, armelor şi podoabelor folosite de oameni.

Denumirile de "epocă de bronz" şi "epocă de fier" ca-

re sînt folosite de istoria civilizaţiei omenirii sînt strîns legate de dezvoltarea artei de a turna scule din bronz şi din fier.

Descoperirile arheologice au scos la iveală o sumedenie de obiecte casnice, arme vase şi podoabe turnate în vremuri ce se pierd în negurile preistoriei. S-a stabilit că turnarea fontei a fost cunoscută şi folosită pe scară intensă în China în sec.VI. î.e.n.

Asirienii, egiptenii, grecii, chinezii, japonezii turnau obiecte artistice din bronz încă cu multe secole înaintea erei noastre. Astfel la chinezi găsim lucruri impresionante cum este statuia de bronz a lui Buda cel cu looo de braţe.

- In Japonia o altă statuie a lui Buda, turnată în anul 739, are 3o m înălţime şi o greutate de 45o t.

- In Egipt cu cca. 15oo ani înaintea erei noastre găsim piese turnate din bronz pentru nevoile militare (vîrfuri de săgeţi, lănci, săbii etc).

Civilizaţia greacă, romană şi chineză au ridicat mult nivelul tehnic al turnării obiectelor din metale. Sînt cunoscute celebrele statui din antichitate, cum este statuia zeiţei Athena - Promochos a maestrului grec Fidias, înaltă de aproape 16 m. In R.P.Chineză se găseşte şi astăzi statuia unui leu înalt de 6,1 m şi lung de 5,5 m , turnat din fontă în anul 974 al erei noastre.

In Europa şi Asia Mică producţia industrială începe să se dezvolte paralel cu turnătoria artistică, în evul mediu.

Dintre realizările interesante între anii 14oo-18oo menţionăm:

- In anul 1469 apar primele sobe de încălzit de fontă în Alsacia.

- In sec.XVII, clopotul "Boris Godunov" de 128 tone şi

clopotul ţar de 2oo t.

- Statuia Sf.Petru (Michel Angelo) din Vatican.

- Statuia lui Petru Cel Mare la Leningrad "Călăreţul de aramă".

- Podul de fontă turnată în 1794 în Silezia.

- Tunul ţar (4o t) etc.

La începutul epocii moderne, turnătoriile de fontă erau anexe ale secţiilor de furnale. Turnarea se făcea cu fontă de la furnal (fontă de primă fuziune). Mai tîrziu (secolul al XVIII-lea) după descoperirea şi elaborarea procedeului de cocsificare a cărbunelui şi inventarea cubiloului, turnătoriile s-au dezvoltat ca unităţi independente turnarea făcîndu-se cu fontă retopită în cubilou (fontă de a doua fuziune).

Turnarea oţelului în forme de nisip apare în a doua jumătate a sec. XIX-lea, odată cu elaborarea metodelor moderne de producere a oţelului, procedeul în convertizor (1855) şi procedeul Martin (1865). Sfîrşitul sec. al XIX-lea şi începutul sec. XX-lea aduce dezvoltarea extraordinară a industriei metalurgice, care nu poate fi concepută fără turnătorie, care constituie astăzi principala bază a construcţiei de maşini.

Pe teritoriul patriei noastre turnătoriile au luat fiinţă şi s-au dezvoltat la început pe lîngă furnale, mai tîrziu ca unităţi independente. In trecut ţara noastră era slab dezvoltată din punct de vedere industrial, astfel şi turnătoriile erau puţine, slab înzestrate, nemecanizate (cu excepţia operaţiilor de ridicare), lucrîndu-se cu o productivitate redusă şi în condiţii grele de muncă. Pînă la naţionalizare (1948) producţia turnătoriilor nu a ajuns să depăşească cifra de 8o.ooo t/an.

După naţionalizare, în cadrul politicii Partidului Comunist Român de industrializare socialistă a ţării, construc-

ţia de maşini şi principala ei bază, turnătoriile, au cunoscut un puternic avînt. Dezvoltarea s-a făcut atît prin înfiinţarea de turnătorii noi, cît şi prin reorganizarea şi extinderea celor existente, punîndu-se accentul pe o mecanizare înaintată, prin dotarea lor cu maşini şi utilaje tehnologice noi, care au permis o creştere rapidă a producţiei, a productivităţii suprafeţelor clădite, a productivităţii utilajului şi a productivităţii muncii, îmbunătăţindu-se în acelaş timp considerabil condiţiile de muncă. Astfel s-au înfiinţat numeroase turnătorii noi cum sînt: turnătoriile de la Intreprinderile de tractoare şi autocamioane Braşov, "Semănătoarea" Bucureşti, turnătoria de lingotiere Călan, de utilaj chimic şi petrolier de la Tîrgovişte, turnătoria de segmenţi şi pistoane de la Colibaşi; turnătoria de la I.U.P.S. Botoşani, de la I.M.A.T.E.X. Tg.Mureş, turnătoria mixtă de oţel şi fontă de la Combinatul Siderurgic Galaţi, turnătoria de piese mari de la Intreprinderea metalurgică Bucureşti, turnătoria de lingotiere de la Galaţi şi altele. De asemenea s-au dezvoltat şi mecanizat unele turnătorii vechi, cum sînt cele de la Intreprinderile: "23 August" "Vulcan" şi "Timpuri Noi" - Bucureşti, "Progresul" - Brăila, "1 Mai" - Ploieşti, de la Intreprinderea de construcţii de maşini - Reşiţa, "Infrăţirea" - Oradea, "Unirea" - Cluj, "Vagonul" - Arad, "Metalotehnica" - Tg.Mureş şi multe altele. Pentru ridicarea calităţii şi productivităţii s-a dat o atenţie deosebită creării de turnătorii mari, specializate pe produse (segmenţi, pistoane de aluminiu, radiatoare şi băi, piese de autocamioane şi tractoare, de maşini agricole, de pompe şi compresoare, pentru maşini textile, utilaj metalurgic şi energetic, maşini unelte grele etc).

Prin aceste măsuri producţia de piese turnate a crescut de la 80.000 t/an, în 1948 la 500.000 t/an, în 1966, 867.000 t/an în 1970 şi la 1.354.000 t/an în 1975.

Conform directivelor Congresului al XI-lea al P.C.R. şi în viitor în centrul politicii partidului nostru rămîne industrializarea ţării, dezvoltarea cu precădere a industriei grele în special a industriei constructoare de maşini şi implicit a producţiei turnătoriilor. Astfel se prevede ca producţia de piese turnate să ajungă la 2.300.000 t/an în 1980, 3.350.000 t/an în 1985 şi la 4.430.000 t/an în 1990.

Cu toată importanţa sa economică şi cu tot trecutul său îndelungat pînă relativ de curînd (cu 2-3 decenii în urmă) turnătoria nu a ajuns să aibă caracterul unei ştiinţe tehnice şi era considerată ca o artă, în care succesul era determinat de aptitudinile personale ale turnătorului, de talentul, iscusinţa şi intuiţia lui, şi nu de stăpînirea conştientă a realităţii care stau la baza acestui proces de producţie. Această stare de lucruri era valabilă şi pentru ţările cu veche tradiţie industrială.

Ca urmare a cercetărilor întreprinse în ciuda complexităţii fenomenelor termochimice şi fizico-mecanice ce însoţesc turnarea, s-a reuşit să se creeze o bază solidă de cunoştinţe în acest domeniu, fapt care a permis ridicarea turnătoriei la rangul de ştiinţă tehnică, care poate fi însuşită de oricine prin studiu, indiferent de aptitudinile şi îndemînarea sa .

Pe măsura noilor realizări în domeniul turnării, a crescut rezistenţa mecanică a materialelor turnate, s-a mărit precizia dimensiunilor şi calitatea suprafeţelor pieselor turnate. Piesele turnate brute se apropie din ce în ce mai mult, ca formă şi dimensiuni, de piesele finite, astfel că volumul prelucrărilor necesare prin aşchiere scade foarte mult. Perfecţionarea procedeelor de turnare de precizie permit actualmente obţinerea unor piese cu toleranţe chiar de sutimi de milimetri, astfel încît acestea pot fi montate la maşini uneori fără nici o altă prelucrare mecanică. In majoritatea cazurilor turnarea este un procedeu mai ieftin şi mai productiv în comparaţie cu celelalte procedee tehnologice de fabricare a pieselor care ar putea fi

Scanned with OKEN Scanner

aplicate în cazul dat.

Avîndu-se în vedere, varietatea mare de piese ce se pot executa prin turnare şi avantajele pe care le prezintă procesul de turnare, construcţia modernă de maşini şi alte domenii ale tehnicii utilizează din ce în ce mai mult piesele turnate, crescînd continuu importanţa turnării în economia naţională.

8.2. Probleme generale ale procesului tehnologic de turnare

Prin turnare se înţelege operaţia de umplere cu metal lichid a unei forme, avînd cavitatea corespunzătoare geometriei piesei dorite. La solidificare metalul va reproduce şi păstra geometria şi dimensiunile golului creat. La baza proceselor de turnare stă deci principiul fizic în virtutea căruia orice lichid ia forma vasului care îl conţine.

Forma de turnare este ansamblul nemetalic sau metalic care cuprinde unul sau mai multe spaţii goale, care prin umplere cu metal lichid şi solidificare va da una sau mai multe piese turnate.

Pereţii exteriori ai cavităţii reprezintă configuraţia exterioară a piesei, iar miezurile creiază configuraţia interioară. Ele se aşază în forme cu ajutorul unor prelungiri cunoscute sub denumirea de "mărci".

Rolul miezurilor este de a da golurile interioare la piesele turnate. In funcţie de natura pereţilor spaţiilor goale şi de numărul de utilizări, formele se împart în trei clase importante:

- forme temporare
- forme semipermanente
- forme permanente

Formele temporare (sau forme pierdute) sînt alcătuite din amestecuri de forme care constau din nisipuri şi substanţe de legătură (lianţi). Ele nu se pot utiliza decît o singură dată. Majoritatea pieselor se toarnă în aceste forme.

Formele semipermanente sînt alcătuite din materiale plastice şi refractare, bazate în special pe argilă şi şamotă. Ele pot fi utilizate pentru un număr limitat de turnări (5..lo) cu mici reparaţii intermediare. Formele semipermanente se execută în marea majoritate a cazurilor în solul turnătoriei (în gropi zidite) cu ajutorul unor modele şablon care realizează într-o masă de amestec de formare îndesată în zidărie-peretele exterior al cavităţii piesei, ce reprezintă jumătatea inferioară a formei. Jumătatea superioară este reprezentată printr-unul sau mai multe miezuri montate într-o ramă de formare metalică.

Formele permanente cunoscute sub denumirea de cochile sînt în realitate matriţe metalice executate din fontă sau oţel prevăzute cu cavităţi corespunzătoare configuraţiei exterioare a piesei şi locaşurilor de miez, în care se sprijină mărcile miezurilor (metalice sau temporare). Aceste forme se pot utiliza pentru un număr foarte mare de turnări (2ooo-8oooo) în cazul pieselor de serie mare sau în masă.

Toate aceste tipuri de forme sînt prevăzute cu reţele de turnare, răsuflători şi eventual maselote.

Pentru obţinerea pieselor turnate este nevoie a se executa o succesiune de operaţii tehnologice care formează întregul proces tehnologic al turnării. Varietatea mare de piese turnate au impus dezvoltarea unei serii întregi de metode şi procedee. Aceste procedee diferă între ele foarte mult, după cum diferă şi piesele ce se toarnă.

Obţinerea unei piese turnate cuprinde în general, ur-

mătoarele operaţii principale:

- executarea formelor şi miezurilor necesare turnării piesei;
- elaborarea metalelor şi aliajelor în stare lichidă;
- turnarea propriu zisă;
- solidificarea şi răcirea;
- dezbaterea (operaţia de scoatere a pieselor din forme);
- curăţirea pieselor turnate;
- tratamentul termic;
- controlul şi recepţia pieselor turnate.

La elaborarea procesului tehnologic optim de turnare trebuie să se urmărească următoarele elemente importante:

- obţinerea unor piese de bună calitate, compacte, sănătoase, cu proprietăţi fizice, mecanice şi chimice ridicate conform prescripţiilor şi cu un procent minim de rebuturi;
- respectarea condiţiilor de exploatare a pieselor turnate;
- să se poată adapta utilajului existent şi de a putea fi realizat în condiţii normale cu muncitorii calificaţi existenţi în atelier;
- să asigure obţinerea unor adaosuri minime de prelucrare sau chiar înlăturarea acestora, precum şi micşorarea consumului specific de materii prime şi auxiliare, energie electrică, combustibil şi aer comprimat.
- să asigure o mărire a productivităţii anuale de piese bune şi condiţii de muncă favorabile în conformitate cu prescripţiile de securitate a muncii.

De asemenea un factor foarte important la stabilirea procesului tehnologic de turnare este scara producţiei, adică numărul de piese care urmează să fie turnate într-un an. In

practică se utilizează curent clasificarea care, în funcţie de numărul pieselor fabricate pe an şi greutatea pe bucată a acestora, grupează producţia în cinci categorii, aşa cum rezultă din tabelul 8.1. Din punct de vedere al dimensiunilor şi greutăţii se pot deosebi în mod convenţional următoarele categorii de piese:

- mici (sub 100 kg)
- mijlocii (100-1000 kg)
- mari (1000-5000 kg)
- foarte mari (peste 5000 kg)

Tabelul 8.1

Scara producţiei la fabricarea pieselor turnate

Nr. crt.	Scara producţiei	Piese mici pe un an	Piese mari pe un an
1	Producţie de unicate (individuală)	0... 200	0... 50
2	Serie mică	200... 1000	50... 300
3	Serie mijlocie	1000... 20.000	300... 500
4	Serie mare	20.000... 30 000	peste 500
5	Producţie de masă	peste 30.000	nu este cazul

Metodele şi procedeele de turnare sînt direct legate de:

- aliajul metalic ce se toarnă;
- cele trei categorii de forme de turnătorie: temporare, semipermanente şi permanente;
- precizia turnării;
- faptul dacă formele sînt statice sau în mişcare;
- modul în care metalul lichid este introdus în formă cu sau fără presiune.

Dintre numeroasele metode şi procedee de turnare cunos-

cute şi folosite actualmente în turnătorie, metoda cea mai veche şi cea mai utilizată este turnarea în forme temporare şi anume în forme crude (neuscate) executate din amestec de formare (în nisip) cu ajutorul modelelor.

In ultimii ani există o tendinţă accentuată de extindere a metodelor şi procedeelor noi cum sînt: turnarea în forme coji, turnarea cu modele uşor fuzibile, turnarea în vid etc., precum şi a metodelor de precizie mai vechi cum sînt: turnarea în cochile, turnarea sub presiune etc., cu scopul de a îmbunătăţi calitatea pieselor turnate, de a reduce adaosurile de prelucrare în vederea ieftinirii prelucrării ulterioare prin aşchiere, de a reduce consumul de metal lichid şi de a mări productivitatea turnării.

8.3. Turnarea pieselor în forme temporare

Procedeele la care forma nu rezistă decît la o singură turnare, se numesc procedee de turnare în forme temporare (sau forme pierdute). La aceste procedee formele se distrug în momentul dezbaterii formei. Materialul de formare la unele procedee (turnarea în nisip) se recuperează în parte, iar la altele (turnarea cu modele fuzibile) se pierde complet.

Cele mai importante procedee de turnare în forme temporare sînt:

- turnarea în amestec de formare (nisip), turnarea în coji, turnarea cu modele fuzibile şi turnarea în forme întărite cu CO_2 .

In cele ce urmează se prezintă procedeele de turnare în amestec de formare, celelalte procedee urmînd a se examina la capitolul "metode speciale de formare şi turnare".

Caracteristic procedeului de turnare în amestec de for-

mare - ca de altfel tuturor metodelor de turnare în forme temporare este modul de realizare a cavităţii formei, care se face cu ajutorul unui model sau a unui şablon. La turnarea în amestec de formare deosebim: turnarea în forme crude (neuscate) şi turnarea în forme uscate. Metoda de turnare în forme temporare cuprinde o serie de operaţii care în ansamblu constituie procesul tehnologic respectiv. In fig. 8.1, se prezintă schema procesului tehnologic al turnării pieselor în forme temporare din amestec de formare.

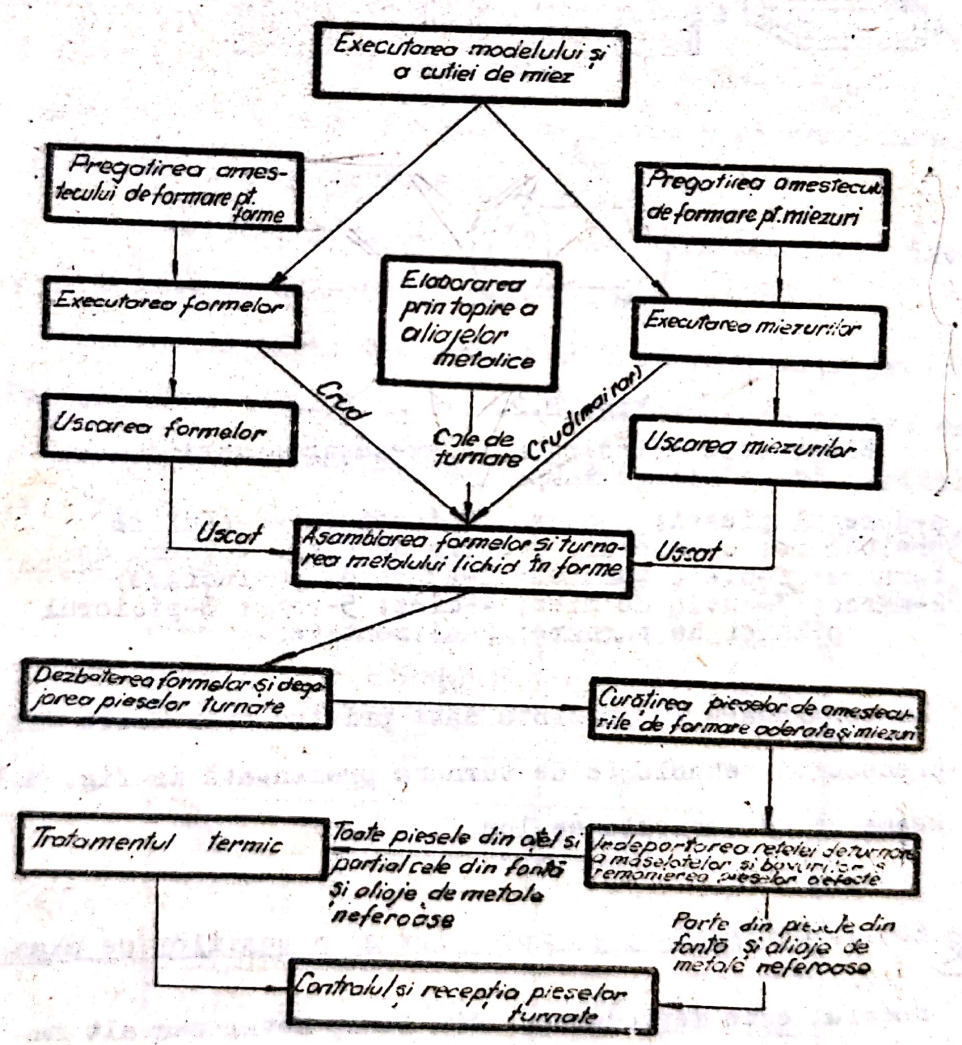


Fig. 8.1.
Schema procesului tehnologic de turnare în forme permanente.

In fig. 8.2 se prezintă pentru exemplificare elementele componente principale ale unei forme temporare din amestec de formare, gata pregătită pentru turnare.

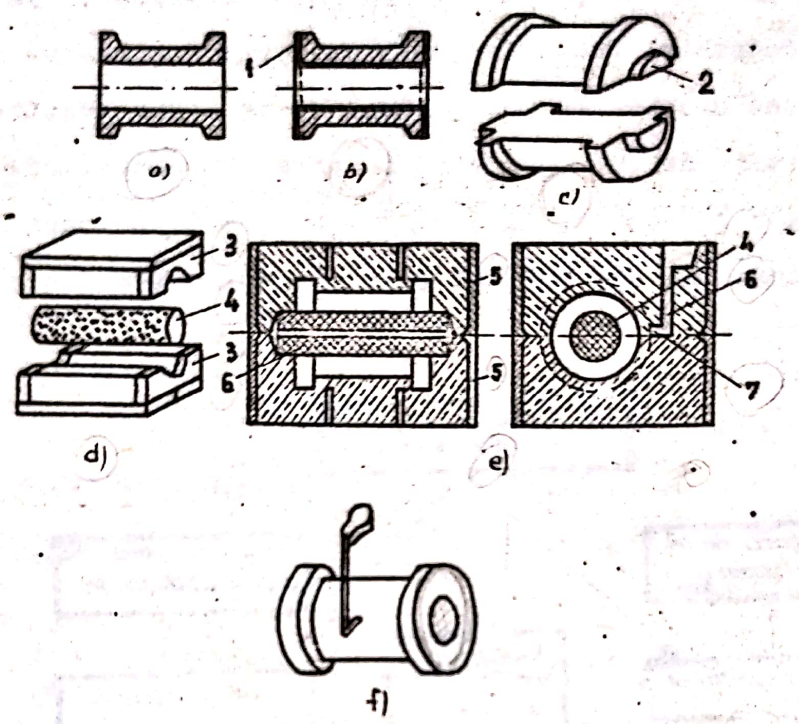


Fig. 8.2.
Elementele principale la executarea unei forme temporare

a-desenul piesei; b-desenul piesei cu adaosul de prelucrare; c-modelul; d-cutia de miez; e-forma de turnare; f-piesa turnată; 1-adaos de prelucrare; 2-marca; 3-cutia de miez; 4-miez; 5-rame; 6-piciorul pîlniei de turnare; 7-alimentator.

In continuare se prezintă date privind operaţiile din schema procesului tehnologic de turnare prezentată în fig. 8.1 ţinînd seama şi de succesiunea lor.

8.3.1. Confectionarea modelelor si a cutiilor de miez

Modelul este reproducerea din lemn, metal sau alt material a piesei de turnat, cu ajutorul căruia se imprimă cavi-

tatea formei în amestecul de formare, respectiv profilul exterior al piesei.

Profilul interior şi golurile piesei se realizează cu ajutorul miezurilor care se confecţionează în cutiile de miezuri.

Modelul faţă de piesa ce urmează să fie turnată conţine în plus adaosurile de prelucrare şi cele tehnologice cum sînt de exemplu proeminenţele pentru realizarea anumitor părţi din reţeaua de turnare şi a cavităţilor pentru mărcile miezurilor. De felul cum este proiectat un model depinde în mare măsură calitatea piesei turnate. De aceea, proiectării modelului i se acordă o atenţie deosebită. La proiectarea modelului trebuie să se ţină seama de o serie întreagă de factori şi considerente. Astfel în primul rînd trebuie avut în vedere:

- coeficientul de contracţie la solidificare a materialului de turnat şi adaosurile de prelucrare.

Pentru ca piesa turnată să aibă dimensiunile prescrise, modelul şi cutia de miez trebuie să aibă dimensiuni ceva mai mari, corespunzător contracţiei. Contracţia liniară variază de la aliaj la aliaj. In tabelul 8.2 se prezintă spre exemplificare contracţia cîtorva aliaje din care se toarnă piese în mod frecvent.

Tabelul 8.2

Denumirea aliajului	Contracţia liniară în %
Fonta cenuşie	0,7 ... 1
Fonta maleabilă	1 ... 1,5
Oteluri carbon şi aliate	1,5 ... 2,2
Bronzuri cu staniu	1 ... 1,3
Bronzuri cu aluminiu	2 ... 2,4
Aliaje de aluminiu	0,8 ... 1,5
Aliaje de zinc	1,50
Aliajele de magneziu	1,25

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a ţine cont de contracţii, la executarea modelelor se utilizează aşa numitul metru de contracţie divizat în mod special cu contracţia corespunzătoare pentru fiecare tip de aliaj care se toarnă. De exemplu metrul corespunzător fontei (cu contracţia de aprox.1%), are lungimea de 1olo mm, fiind totuşi divizat în looo de părţi.

De cele mai multe ori piesa turnată suferă o serie de prelucrări mecanice, de aceea la întocmirea desenului modelului pe suprafeţele care urmează să fie prelucrate se prevăd adaosuri de prelucrare (vezi fig.8.2.b).

Prin îndepărtarea ulterioară a acestor adaosuri piesa se va putea aduce exact la cotele de pe desen obţinînd totodată suprafeţe netede, de calităţi corespunzătoare prevederilor din desen. In ce priveşte mărimea adaosului de prelucrare acesta depinde de dimensiunile piesei, de grosimea pereţilor, de scara producţiei, de aliajul din care se toarnă piesele, de complexitatea piesei etc. Adaosurile de prelucrare pentru piesele turnate din fontă sau oţel sînt date în STAS 1592-66, iar pentru cele din aliaje neferoase în STAS 6287-67. Adaosurile cele mai mici de 1...2 mm sînt la piesele mici sub loo mm la producţia în masă şi la o formă simplă. La piesele executate prin formare mecanică, valorile adaosului pot fi reduse cu cca 2o% faţă de formarea manuală.

La proiectarea modelelor trebui să se ţină seama de forma piesei, astfel ca modelul să poată fi scos cu uşurinţă din formă fără ca aceasta să se deterioreze.In acest scop modelul se confecţionează din mai multe părţi, care se îmbină între ele cu cepuri de centrare. Stabilirea planelor de separaţie ale modelului şi formei se face în funcţie de configuraţia modelului, de necesarul de miezuri, de poziţia de turnare a piesei etc.

Se urmăreşte ca numărul planelor de separaţie să fie cît mai mic şi pe cît posibil planul de separaţie să treacă prin cît mai multe goluri ale piesei, astfel se uşurează montarea miezurilor.

La confecţionarea formelor trebuie urmărit ca partea piesei ce urmează a fi prelucrată să se găsească în timpul turnării în zona inferioară a formei deoarece aici compactitatea este mai bună, nu apar goluri, incluziuni etc., impurităţile ridicîndu-se în zona superioară.

Pentru uşurarea extragerii modelului din formă şi respectiv a miezului din cutia de miez, la confecţionarea acestora, suprafeţele perpendiculare pe planul de separaţie se prevăd cu conicităţi şi înclinaţii. Valorile acestora se scot din tabelele conicităţilor standardizate. Ca exemplu la aplicarea formării mecanice în cazul modelelor înalte înclinaţia minimă aplicată este de $0{,}5^{\circ}$, pe cînd în cazul formării manuale şi înălţimilor mici, mai ales la suprafeţe interioare (găuri, adîncituri) înclinaţiile pot ajunge la $3 \ldots 4^{\circ}$.

La îmbinările între pereţi sau a unui perete cu o nervură sînt obligatorii razele de racordare. De asemenea trebuie ţinut seama de:

- tehnica turnării, astfel încît forma confecţionată să permită ieşirea aerului din goluri după ce metalul a fost turnat.
- reţeaua de turnare şi de aşezare a maselotelor şi răsuflătorilor, pentru a se asigura umplerea normală a formei şi obţinerea de piese fără retasuri.
- miezurile formei pentru care se prevăd mărci de montare.

Atît modelele cît şi cutiile de miez, pot fi confecţionate din diferite esenţe lemnoase, ipsos, mase plastice, sau diverse aliaje metalice.

Lemnul este materialul cel mai folosit pentru confecţionarea modelelor şi a cutiilor de miez. Modelele din lemn sînt ieftine, ele însă nu pot fi utilizate decît la formarea unui număr relativ redus, de piese deoarece se degradează repede. De asemenea se deformează la uscare, absorb apa din amestecul de formare şi din atmosferă etc.

Speciile lemnoase cele mai folosite pentru confecţionarea modelelor şi cutiilor de miez, sînt: teiul, molidul, bradul, pinul, părul, frasinul şi carpenul. Cel mai folosit este teiul care se prelucrează uşor se netezeşte bine şi rezistă la numeroase formări. Lemnul de brad este mai ieftin dar mai puţin corespunzător. Este bun pentru modele mari nepretenţioase.

Lemnul pentru modele se usucă în uscătorii (sub 8..lo% umiditate) ca să nu se deformeze ulterior, trebuie să fie de calitate superioară fără noduri şi defecte. Pentru evitarea deformărilor, modelele nu se fac din bucăţi mari, ci din bucăţi mai mici din lemn, ce se lipesc între ele cu clei. Părţile componente ale modelelor se aşază cu fibrele perpendiculare unele pe altele pentru ca alungirile longitudinale să fie compensate de contracţiunile transversale ale părţilor vecine. Modelele mai complicate se fac din mai multe părţi astfel ca fiecare să poată fi scoasă separat din formă fără a o deteriora. Părţile sînt unite între ele, de obicei, prin cepuri.

Suprafeţele prelucrate şi finisate ale modelelor şi cutiilor de miezuri se chituiesc şi se vopsesc cu următoarele scopuri:

- obţinerea de suprafeţe cît mai netede pentru o extragere uşoară din formă şi pentru a obţine piese cu calitatea suprafeţei cît mai bună;

- evitarea aderării amestecului de formare de suprafaţa modelului;

- obţinerea unei suprafeţe mai rezistente la solicitările din timpul îndesării amestecului şi extragerii modelului;

- evitarea umezirii modelului din cauza apei din amestec;

- să se dea indicaţii turnătorului, folosind culori diferite.

Astfel prin culorile de bază ale modelelor şi cutiilor de miez se poate indica materialul din care trebuie turnată piesa (roşu pentru fontă, albastru la piese din oţel, galben la aliaje de Al, verde pentru bronz sau alamă etc). Mărcile se vopsesc în culoare neagră iar suprafeţele ce urmează să fie prelucrate se vopsesc prin linii paralele de culoare neagră.

Modelele de lemn sînt utilizate în cazul unei producţii individuale sau de serie mică. Modelele şi cutiile de miezuri metalice se confecţionează de obicei din aluminiu sau aliaje de aluminiu, care prezintă avantajul că sînt uşoare şi rezistă bine la coroziune. Se mai pot folosi, bronzul, alama, fonta cenuşie şi oţelul.

Modelele metalice se întrebuinţează la turnarea de serie mare şi mai ales în cazul formării mecanice.

Modelele metalice se confecţionează de obicei prin turnarea unui semifabricat folosindu-se un promodel din lemn cu dimensiuni care conţin surplusul de prelucrare pentru modelul metalic, ţinîndu-se cont de adaosul de dublă contracţie şi anume; contracţia materialului modelului metalic şi contracţia metalului din care se va turna piesa.

Modelul metalic turnat se prelucrează la dimensiunile din desen prin diferite procedee de aşchiere; strunjire, frezare, rectificare prin copiere etc.

La formarea mecanică, modelul metalic este fixat pe o placă de model, împreună cu elementele reţelei de turnare. De

asemenea mai sînt fixate cepuri de centrare care servesc la ghidarea ramelor de formare. Există plăci de model cu o singură faţă de lucru, cu două feţe şi plăci de model reversibile. In fig. 8.3 se prezintă spre exemplificare o placă de model cu două feţe.

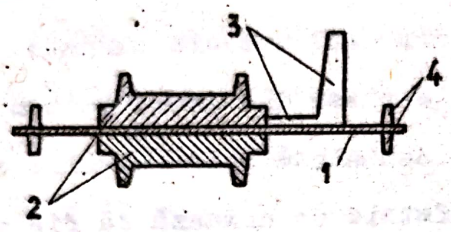


Fig.8.3.
Placă de model
1-placă de oţel; 2-semimodele;
3-elementele reţelei de turnare;
4-cepuri de centrare.

Suprafaţa activă a plăcii de model trebuie să fie netedă, dreaptă sau profilată, după cum impune planul de separaţie a modelului.

Modelele metalice sînt utilizate în cazul producţiei de serie mare, unde preţul de cost al modelului metalic se amortizează.

In ultimul timp se folosesc, tot mai mult la confecţionarea modelelor răşinile sintetice, care prezintă o serie de avantaje tehnico-economice faţă de modelele executate din alte materiale. Astfel :

- sînt mai ieftine;
- prezintă o rezistenţă mare la uzură;
- sînt uşoare;
- nu sînt influenţate de umiditatea amestecurilor de formare, şi
- confecţionarea lor este simplă.

Menţionăm că pentru piese de mare precizie obţinute prin metoda specială de turnare de precizie cu modele uşor fuzibile, modelele se confecţionează din materiale uşor fuzibile cum sînt: ceara de albine, parafina, colofoniu, stearină tehnică etc.

Cutiile de miez servesc la confecţionarea miezurilor

care se montează în formă şi formează conturul interior al pieselor cu goluri interioare.

Cutiile de miez sînt cutii profilate de forma miezului, ce se execută din lemn, metal, lemn legat cu cercuri metalice sau alte materiale. Ele sînt formate din două sau mai multe bucăţi care se ansamblează cu ajutorul unor cepuri de ghidare.

8.3.2. Materiale pentru forme şi miezuri, prepararea amestecurilor şi utilajele folosite

A - Materiale pentru forme şi miezuri. Formele temporare de turnare se execută din amestecuri de formare iar pentru executarea miezurilor se folosesc amestecuri de miezuri. In general aceste amestecuri sînt constituite din nisip de turnătorie, lianţi naturali sau artificiali şi adaosuri speciale (de îmbunătăţire). Pentru ca piesele turnate să rezulte cît mai bune cu un număr minim defecte, amestecurile de formare trebuie să aibă următoarele proprietăţi:

- rezistenţă mecanică mare, necesară pentru ca forma să reziste la manipulări şi la presiunea metalului lichid. Rezistenţa mecanică a amestecurilor de formare la compresiune, încovoiere, forfecare şi tracţiune se asigură prin alegerea corespunzătoare a liantului şi a umidităţii. In general rezistenţa mecanică creşte cu creşterea cantităţii de liant şi cu creşterea fineţii granulaţiei. De asemenea rezistenţa mecanică depinde de modul cum a fost preparat amestecul de formare şi de gradul de îndesare.

Menţionăm că rezistenţa mecanică şi permeabilitatea amestecurilor de formare sînt invers proporţionale, astfel că în practică se urmăreşte ca ambele proprietăţi să fie acceptabile. Pentru determinarea proprietăţilor mecanice

a amestecurilor de formare se folosesc aparate combinate, care utilizînd epruvete standard crude sau uscate permit obţinerea rezultatelor într-un timp scurt.

- permeabilitatea suficientă pentru a permite evacuarea gazelor din formă care se degajă în timpul turnării (substanţe combustibile, aer, vapori de apă etc). Dacă aceste gaze nu se pot evacua prin porii amestecului, ele rămîn în pereţii piesei solidificate sub forma unor defecte numite sufluri (goluri de gaze). Permeabilitatea amestecurilor de formare se datoreşte spaţiilor libere dintre granulele de nisip şi depinde de forma şi granulaţia nisipului, de umiditatea amestecului, de conţinutul în component levigabil(argilă) şi de gradul de îndesare. In general permeabilitatea creşte cu micşorarea conţinutului de argilă şi de apă din amestec, cu creşterea mărimii grăunţilor de nisip şi scade cu mărirea gradului de îndesare.

- plasticitate corespunzătoare pentru a putea reproduce fidel configuraţia modelului. Plasticitatea creşte proporţional cu conţinutul de liant şi cu umiditatea amestecului de formare. Ea mai depinde de natura liantului precum şi de granulaţia nisipului. Cu cît granulaţia nisipului este mai mică cu atît amestecurile de formare sînt mai plastice;

- refractaritate mare, pentru a nu se deforma şi vitrifica în contact cu materialul topit, proprietate care depinde de compoziţia chimică şi mineralogică a materialului. Ea este măsurată prin temperatura la care rezistă amestecul de formare fără a se înmuia. Dintre componenţii amestecului de formare nisipul cuarţos (SiO_2) are refractaritatea cea mai mare (1710°C).

Amestecurile de formare se prepară în aşa fel încît temperatura lor de vitrefiere (temperatura la care el se înmoaie luînd un aspect sticlos) să fie mai mare decît tempera-

tura de turnare a metalului (de exemplu 1450°C la oţel, 1000°C la bronz etc). Determinarea refractarităţii se face prin compararea comportării materialului cercetat cu conuri pirometrice etalon, la creşterea uniformă şi continuă a temperaturii, pînă la temperatura de înmuiere.

- durabilitate suficientă, adică să-şi păstreze proprietăţile tehnologice la un număr cît mai mare de turnări. In cursul folosirii lor în turnătorii, amestecurile de formare se degradează treptat, datorită schimbărilor brusce de temperatură, însoţite de fărămiţarea granulelor de nisip şi pierderei apei de constituţie din argilă. Degradarea amestecurilor se concretizează prin micşorarea permeabilităţii şi refractarităţii lor, după un anumit număr de turnări. De aceea, din timp în timp, amestecurile de formare se împrospătează prin adăugarea de amestec nou.

- compresibilitatea este proprietatea miezului sau a formei de a ceda efortului de contracţie care apare la solidificarea piesei turnate, evitîndu-se formarea crăpăturilor datorită frînării contracţiei.

Toate aceste proprietăţi se verifică continuu în laboratoarele de nisipuri. In afară de acestea se determină: compoziţia granulometrică, conţinutul de componente levigabile (de argilă), forma granulelor şi umiditatea amestecurilor. Aceste controale sînt absolut necesare deoarece s-a dovedit că peste 50% din rebuturile de turnare se datoresc calităţii necorespunzătoare a materialelor de formare şi miezuri. La noi în ţară metodele de încercări şi analiză a nisipurilor de turnătorie şi amestecuri de formare sînt standardizate în STAS-urile 1934/1..8-72 şi 9412-73.

Pentru ca amestecurile de formare să aibă proprietăţile corespunzătoare, ele trebuie să fie preparate după un anumit proces tehnologic.

a. In mod obişnuit, drept materie primă pentru amestecurile de formare se folosesc nisipurile naturale. Aceste nisipuri sînt formate din granule de cuarţ (SiO_2) şi cantităţi variabile de argilă, care joacă rolul de liant, formînd cu apa adăugată o pastă, capabilă să lege între ele granulele de nisip cuarţos. Neglijînd deocamdată celelalte adaosuri speciale, se poate admite drept schemă structurală a unui amestec de formare cea reprezentată în fig. 8.4.

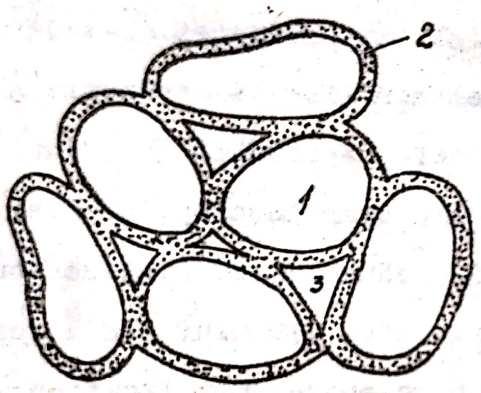


Fig. 8.4

Boabele de nisip 1 sînt înconjurate de învelişuri subţiri de argilă umedă 2. Argila umezită devine lipicioasă constituind în felul acesta materia liantă, boabele de nisip formînd scheletul adică baza amestecului. Spaţiile 3 între boabe determină gradul de permeabilitate la gaze al pămîntului.

In nisipurile naturale conţinutul de argilă variază între 2 şi 5o% . Nisipul cu mai puţin de 2% argilă poartă denumirea de nisip cuarţos. Nisipurile pentru turnătorie se clasifică în raport cu conţinutul de argilă în:

- nisip slab cu 2-1o% argilă
- nisip semigras cu 1o-2o% argilă
- nisip gras cu 2o-3o% argilă
- nisip foarte gras cu 3o-5o% argilă

La noi în ţară nisipurile pentru turnătorie sînt prezentate în STAS 56o9-73.

In stare naturală, nisipurile au o granulaţie foarte variată. Astfel mărimea granulelor la nisipurile cu granulaţie grosolană variază între o,5-1,o mm, la nisipurile cu granula-

ţie fină o,o6-o,16 mm . Intre aceste mărimi se situiază nisipurile cu granulaţie intermediară (foarte mare, mare, mijlocie, mică). Sub granulaţie de o,o6 nisipurile intră în categoria pulberilor.

Cea mai mare refractaritate o prezintă nisipurile cuarţoase. Ele se folosesc la confecţionarea miezurilor destinate turnării fontei şi oţelului. La noi în ţară asemenea nisipuri se găsesc la Vălenii de Munte, Sarmisegetuza, Aghireş Miorcani (Suceava) etc.

Nisipurile semigrase şi slabe folosite la turnarea oţelului şi fontei se exploatează la Vadu Crişului. Cornești, Boutari etc. Nisipurile grase şi foarte grase se găsesc la Basarabi, Araci etc., se folosesc ca adaosuri la nisipurile cuarţoase.

31. b. Liantii folcsiţi la prepararea amestecurilor pot fi:

- naturali, care însoţesc nisipul sau reprezintă materiale minerale neprelucrate ;

- artificiali, care nu însoţesc nisipul natural de turnătorie aşa cum se extrage el din cariere ci de cele mai multe ori reprezintă produse secundare din diferite industrii (a petrolului, chimiei, zahărului, celulozei etc), sau produse obţinute prin sinteză (de exemplu bachelita).

Liantii naturali. La prepararea amestecurilor se folosesc următorii lianţi naturali:

- Argila, este un silicat de aluminiu. La turnătorie se foloseşte de obicei argila cu peste 5o% Al_2O_3 . La noi în ţară se extrage argilă de turnătorie la Medgidia, Geambacu, Sunculuşi, Banlaca etc.

- Bentonita, este o varietate de argilă foarte fină, lipicioasă, rezultată în natură în urma transformării pe cale chimică a cenuşei vulcanice. In contact cu apa se umflă, for-

mînd un gel coloidal. Utilizarea bentonitelor se limitează la confecţionarea formelor care nu se usucă (crude) deoarece prin uscare îşi pierd proprietăţile de liant. La noi în ţară se extrage bentonită din zăcămintele de la Gura-Sada (Hunedoara), Rugi (Banat) şi Valea Chioarului (Maramureş).

Lianţi artificiali. Se folosesc în special la prepararea amestecurilor pentru miezuri. Acestea după turnare sînt înconjurate din toate părţile de metal topit şi ca să corespundă condiţiilor grele de lucru trebuie să aibă proprietăţi mai bune decît forma propriu-zisă. Prin adăugirea de lianţi în amestecurile pentru miezuri se urmăreşte tocmai îmbunătăţirea proprietăţilor miezurilor (permeabilitate la gaze, compresibilitate, rezistenţă mecanică, refractaritate etc). Dintre lianţii artificiali amintim :

- uleiurile şi grăsimile, acestea în timpul uscării miezurilor la 15o ... 18o°C se oxidează, formînd în jurul grăunţilor de nisip un strat fin care asigură legarea grăunţilor. Se folosesc uleiurile sicative de in, cînepă etc. Pentru a se favoriza oxidarea se adaugă catalizatori, ca MnO_2, PbO etc. Cel mai bun liant este uleiul de in. In timpul turnării acest liant arde complet, făcînd posibilă o dezbatere uşoară a miezurilor din piesele turnate.

- colofoniul este un produs al distilării răşinilor de conifere. Se adaugă în cantitate de 5-6%. Efectul de legare a grăunţilor apare numai după uscarea miezurilor cînd colofoniul se topeşte.

- gudronul de lemn sau turbă tinde să înlocuiască uleiurile vegetale, care sînt mai scumpe.

- dextrina este un produs obţinut prin prăjirea amidonului extras din cartofi sau porumb. Se adaugă în proporţie de

3-4% .

- melasa este un rezidiu de la fabricarea zahărului din sfeclă. Se adaugă în cantitate de 3-4% în miezurile pentru formele destinate turnării oţelului.

- lesia sulfitică este un rezidiu de la fabricarea celulozei. Se adaugă în cantitate de 3-4%, împreună cu o cantitate de 3-4% argilă. Pentru evitarea aderării amestecului de miez pe bază de leşie sulfitică, de cutia de miez suprafeţele interioare ale acesteia se ung în prealabil cu ulei de in, petrol sau ţiţei. Menţionăm că la confecţionarea miezurilor se mai folosesc şi alţi lianţi ca de exemplu: cimentul, siropul de xilozâ (preparat din rumeguş de lemn) etc .

c. Adaosuri pentru amestecurile de formare.

In afară de materialele de bază care intră în componenţa amestecurilor de formare enumerate mai sus (nisip şi lianţi), în scopul îmbunătăţirii proprietăţilor amestecurilor de formare ca: mărirea plasticităţii, a compresibilităţii, a rezistenţei mecanice precum şi pentru a preîntîmpina aderarea acestuia la suprafaţa pieselor turnate se folosesc diferite adaosuri cum sînt:

- Adaosuri pentru mărirea rezistenţei mecanice şi a plasticităţii. In această categorie intră dextrina, melasa, leşia sulfitică, făina de secară şi de cartofi etc. Aceste adaosuri fiind mai scumpe se folosesc numai la amestecurile care se îndeasă în jurul modelului numit amestec de model.

- Adaosuri pentru mărirea compresibilităţii. Aceste adaosuri sînt rumegusul de lemn, turba şi pleava. Aceste materiale se introduc atît în amestecurile de formare cît şi în cele de miezuri. Ele afînează în oarecare măsură amestecul de formare şi astfel în timpul solidificării şi contracţiei

aliajului, permit o deformare, preîntîmpinînd apariţia tensiunilor interne, care pot duce la crăparea piesei.

- Adaosuri pentru evitarea aderenţelor. In timpul turnării şi solidificării aliajelor, ca urmare a aderării amestecului de formare la suprafaţa pieselor, pe acestea pot apărea aderenţe. Aderenţele pot fi mecanice, termice sau chimice.

- Aderenţa mecanică, are loc din cauza pătrunderii metalului în porii dintre granulele amestecului de turnătorie din care cauză pe piesă rămîne în plus un strat de material din formă. De obicei aderenţe mecanice apar în cazul metalelor foarte fluide şi amestecurilor de formare (nisip) cu granule mari în cursul umezirii acestora de către metal. Nu este în funcţie de refractaritatea amestecului de formare.

- Aderenţa termică, are loc din cauza topirii amestecului de formare în contact cu suprafaţa piesei turnate. Coaja provocată de aderenţa termică se desprinde, de obicei, uşor de pe piesa turnată, datorită coeficienţilor de dilatare diferiţi al acesteia şi al metalului.

- Aderenţa chimică, se formează din cauză că oxizii existenţi pe suprafaţa metalului lichid dau în contact cu granulele de nisip, compuşi uşor fuzibili. Curăţirea crustei provocată de aderenţa chimică dă dificultăţile cele mai mari. Pentru preîntîmpinarea aderenţelor se folosesc următoarele materiale de adaos :

- Cărbunii de pămînt măcinaţi fin. Se foloseşte în general huila şi chiar lignitul în cantităţi de 2,5-8% în funcţie de grosimea pereţilor piesei. Acţiunea prafului de cărbune de pămînt, este bazată pe degajarea în timpul turnării de către cărbune a unor gaze (substanţe volatile prin distilarea cărbu-

nelui) din cauza încălzirii prin căldura metalului. Aceste gaze, precum şi funinginea care rezultă din descompunerea substanţelor volatile şi a produselor arderii cărbunelui formează un strat izolant între aliaj şi formă care împiedică formarea aderenţelor.

- Smoala de cărbune, păcura, motorina şi titeiul de asemenea pot fi folosite pentru evitarea aderenţelor. În acelaşi scop se mai folosesc şi pudre de protecţie (de cărbune, grafit, cuarţ) şi vopsele (pulbere de protecţie emulsionate în apă) care se aplică pe suprafaţa cavităţii formei.

Menţionăm că în componenţa amestecurilor de formare în afara componentelor amintite şi prezentate cum sînt:

- nisipurile proaspete de formare
- lianţii naturali şi
- adaosurile pentru îmbunătăţirea amestecurilor de formare; mai intră şi amestec folosit, provenit din formele după turnare şi dezbatere, care poate fi recuperat. Conţinutul admisibil de amestec folosit poate varia între 30...70% în funcţie de calităţile prescrise pentru amestecul de formare.

In ce priveşte amestecurile pentru miezuri acestea pot fi utilizate numai o singură dată, deci nu pot fi regenerate.

32. Clasificarea amestecurilor pentru formare se face după mai multe criterii. Astfel după materialul turnat se deosebesc: CURSUL NR 11

- amestec de formare pentru oţel
- amestec de formare pentru fontă şi
- amestec de formare pentru metale neferoase.

După partea de formă de turnare în care amestecul e întrebuinţat se deosebesc:

- amestec de model
- amestec de umplere
- amestec unic, şi
- amestec de miezuri.

Amestecul de model se utilizează pentru executarea părţii din formă care este în contact cu modelul şi reprezintă între 15 ... 20% din cantitatea de amestec folosită în total pentru umplerea ramei de formare. Trebuie să fie de bună calitate deoarece vine în contact direct cu metalul topit. In cazul formelor mici pentru simplificare întreaga formă se confecţionează din amestec de model.

Amestecul de umplere se întrebuinţează la completarea formei după îndesarea amestecului de model în jurul modelului. Aceste amestecuri nevenind în contact direct cu metalul topit, condiţiile impuse în ce priveşte proprietăţile sînt mai puţin severe.

Amestecul unic este folosit la formarea mecanică. Serveşte în acelaşi timp ca amestec de model şi ca amestec de umplere.

Amestecurile pentru miezuri aşa cum s-a arătat trebuie să aibă proprietăţi superioare amestecului de model deoarece lucrează în condiţii mult mai grele fiind înconjurate din toate părţile cu metal topit.

La noi în ţară materialele şi amestecurile de formare sînt standardizate în următoarele STAS-uri:

- STAS 5608-73 Materiale pentru turnătorie.Argile pentru turnătorie.
- STAS 5609-73 Nisipuri pentru turnătorie.
- STAS 3625-75 Nisip normal pentru încercarea lianţilor folosiţi în turnătorii.
- STAS 1934/1...8-72 Nisip pentru turnătorie.Metode de analiză şi încercări.
- STAS 3624-74 Betonite pentru turnătorie.Condiţii tehnice generale de calitate.

B. Prepararea amestecurilor de formare şi pentru miezuri

In turnătoriile moderne, amestecurile pentru forme şi

miezuri se face într-o secţie separată a turnătoriei, pe o instalaţie complexă de pregătire continuă, care execută automa toate operaţiile din procesul tehnologic de preparare mecanică a amestecurilor, inclusiv regenerarea amestecului de formare folosit. Schema de principiu a unei asemenea instalaţii este prezentată în figura de mai jos (fig.8.5).

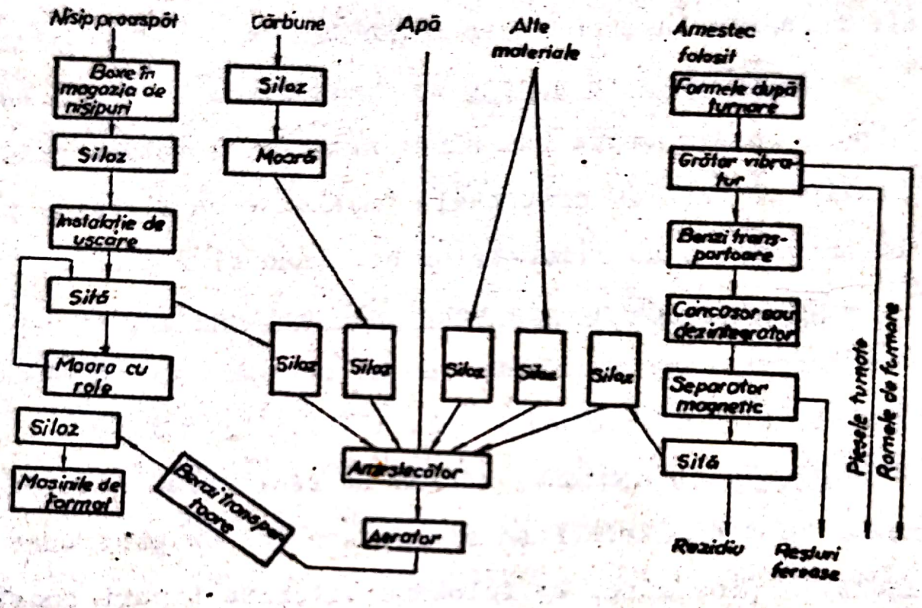


Fig. 8.5.
Schema de principiu a instalaţiei de preparare a amestecurilor de formare.

Operaţia de preparare a amestecurilor de formare constă din învelirea granulelor de nisip într-o peliculă omogenă de liant de obicei umezit cu apă. La sfîrşitul operaţiei de preparare, trebuie să rezulte o masă afînată de granule învelite în mod uniform cu liant. Diversele tipuri de maşini care servesc la prepararea amestecurilor de formare sînt în aşa fel construite încît să asigure învelirea în timp scurt a granulelor şi apoi să afîneze amestecul care trebuie să fie lipsit

bulgări şi aglomerări de granule.

33. C. Utilajele folosite pentru prepararea amestecurilor de formare şi de miez

In cele ce urmează se prezintă utilajele mai importante folosite la prepararea amestecurilor de formare şi de miez prevăzute în schema de principiu din fig. 8.5. Menţionăm că foarte multe din utilajele şi instalaţiile folosite sînt asemănătoare cu cele folosite la prepararea minereurilor. Astfel amintim:

- Cuptoarele de uscare cu funcţionare continuă de diferite tipuri constructive cum sînt: cuptoare rotative cilindrice, uşor înclinate faţă de orizontală încălzite cu flacără, prevăzute la intrare cu un alimentator continuu şi reglabil.

- Cuptoare de uscare verticale polietajate cu un principiu de funcţionare asemănător cu al cuptoarelor de prăjire cu vetre multiple (vezi partea I cap. 1.6 3.I fig.1.59).

- Sitele cu ajutorul cărora se realizează cernerea materialelor în diferitele faze ale procesului de preparare pînă la granulaţia prescrisă. Se folosesc diferite tipuri constructive de site cum sînt: site oscilante (vezi partea I cap. 1.4.2, fig. 1.8), site vibratoare, sau site rotative cu tambur cilindric tronconic (vezi partea I cap. 1.4.2 fig. 1.9 ciur rotativ) sau poligonal.

Concasoarele folosite la afînarea materialelor aglomerate. Sînt folosite aceleaşi tipuri de concasoare ca şi la sfărîmarea minereurilor cum sînt: concasoare cu fălci, concasoare cu cilindri (valţuri), concasoare cu ciocane sau concasoare rotative (vezi partea I cap.1.4.2 fig-urile: 1.3; 1.4; 1.5 şi 1.6.)

Morile sînt folosite la măcinarea materialelor de formare. Sînt de diferite tipuri constructive cum sînt: mori cu

role pentru nisipuri, mori cu bile (pentru măcinarea cărbunelui sau a cocsului), mori cu bare şi altele.

Dezintegratoarele realizează sfărîmarea bulgărilor din amestecul de la dezbatere, reintrodus în circuitul de preparare. Schema unui dezintegrator a fost prezentată în partea I a cursului (vezi cap. 1.4.2. fig. 1.7). Dezintegratoarele au şi rolul de afînare a amestecului.

Separatoarele magnetice de diferite tipuri sînt utilizate pentru îndepărtarea resturilor metalice feroase din amestecul folosit pentru formare şi se introduc în circuitul de separare al amestecurilor de formare. Un asemenea tip de separator magnetic folosit şi la operaţiile de preparare pentru concentrarea minereului a fost prezentat în partea I a cursului (vezi cap. 1.4.2 fig. 1.13).

Amestecătoarele sînt agregate de diferite tipuri, folosite pentru efectuarea mecanizată a preparării şi omogenizării amestecurilor. In acest scop se folosesc amestecătoarele cu tambur rotativ, amestecătoarele orizontale cu palete elicoidale, amestecătoarele verticale cu palete în formă de spirală, amestecătoarele cu tăvălugi, amestecătoarele cu role pendulare etc. In cele ce urmează se prezintă spre exemplificare cîteva din aceste tipuri de amestecătoare:

- Amestecătorul orizontal cu palete. Este un utilaj de construcţie simplă cu productivitate scăzută. Este format dintr-un recipient în formă de albie în care se roteşte un ax orizontal purtînd pe el o serie de palete, aşezate în formă de elice aşa cum se prezintă în fig. 8.6.

In timpul rotirii axului, nisipul cu liantul şi apa sînt amestecate şi în acelaşi timp împinse spre capătul recipientului, datorită înclinaţiei paletelor. Prin frecarea gra-

nulelor între palete, pereţii vasului şi între ele se obţine amestecarea.

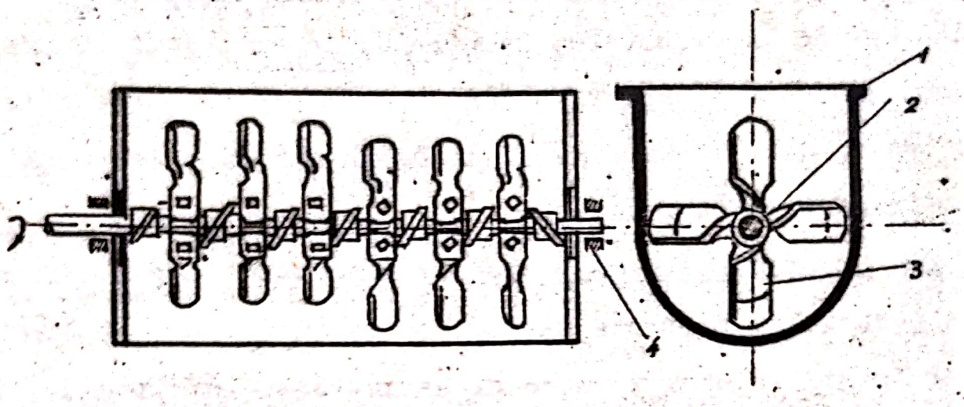


Fig. 8.6
Amestecător orizontal cu palete
1-carcasă; 2-ax orizontal; 3-palete; 4-lagăr de susţinere.

- Amestecător cu tăvălugi. Schema de principiu al acestui utilaj este prezentată în fig. 8.7.

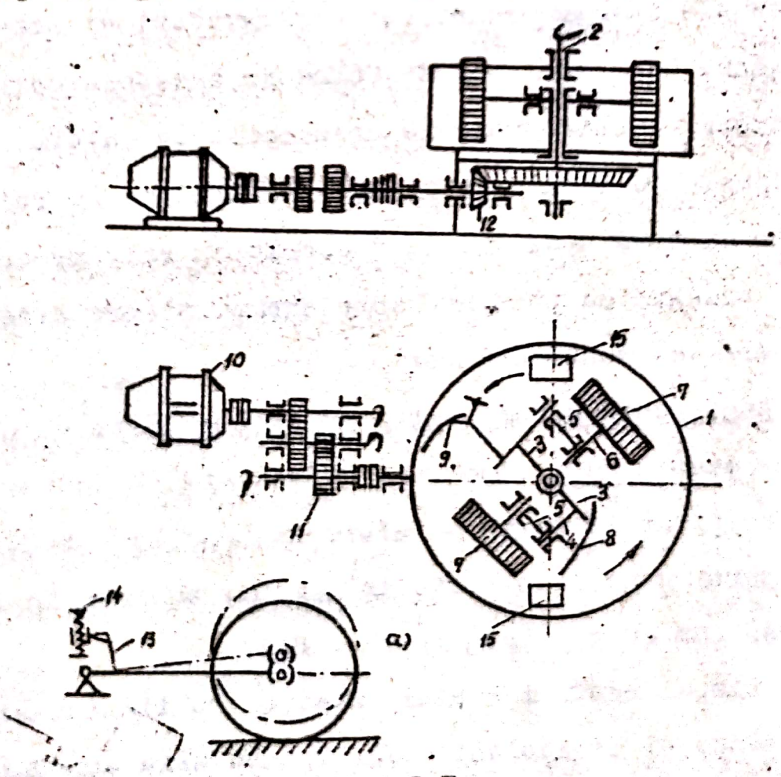


Fig. 8,7
Amestecător cu tăvălugi.

Constă dintr-un recipient cilindric 1, prin centrul căruia trece arborele vertical 2. De arbore, prin intermediul pîrghiilor rigide 3 şi 4 şi al pîrghiilor articulate 5 sînt fixate axele de rotire 6 în jurul axului 2. Pe axele 6 sînt fixate tăvălugii 7, de rostogolire care strivesc bulgării de amestec şi efectuiază operaţia de frămîntare a amestecului. Pe pîrghiile 4 sînt fixate două pluguri 8 şi 9 dintre care primul împinge amestecul spre perete, iar celălalt îl adună spre centru împingîndu-l sub tăvălugii 7. Utilajul este acţionat de la un motor electric 10 prin intermediul reductorului 11 şi a perechii de roţi dinţate conice 12. Tăvălugii nu se reazemă direct pe fundul recipientului. Ei sînt ridicaţi la 20-25 mm deasupra acestuia cu ajutorul pîrghiei 13 şi a şurubului 14, pentru ca tăvălugii prin greutatea lor să nu sfărîme granulele de nisip. Evacuarea amestecului omogenizat din amestecător se face prin orificiile 15.

Procesul de amestecare, respectiv de învelire a grăunţilor de nisip cu liant se produce în special datorită alunecării tăvălugilor faţă de fundul recipientului. Datorită alunecării are loc fenomenul de frotare (frămîntare) a nisipului. Prin frotarea granulelor de nisip li se imprimă o mişcare de rostogolire. O bună preparare a amestecurilor se realizează în special cînd acestea au drept liant argila şi bentonita.

In afară de fenomenul de frotare în amestecătorul cu tăvălugi se produce sfărîmarea bulgărilor de amestec care se pot forma la umezirea amestecurilor care conţin argilă şi de asemenea are loc în paralel o îndesare a amestecului, urmată de o afînare executată de pluguri.

4- <u>Amestecătorul pendular</u> (centrifugal). Schema de principiu al acestui tip de amestecător este prezentată în fig.8.8.

Pe axul vertical 1, prin intermediul braţelor fixe 2 şi al axelor oscilante 3, sînt prinşi doi tăvălugi 4, care spre deosebire de amestecătoarele obişnuite au axele verticale. De braţele fixe 2 sînt prinse şi două pluguri 5 în aşa fel construite încît aruncă amestecul în sus sub tăvălugi.

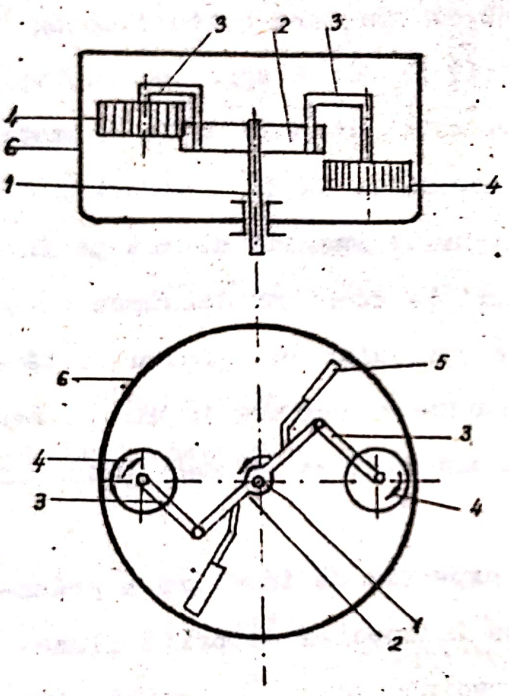


Fig. 8.8.
Amestecător pendular.

Amestecul este fărîmiţat între tăvălugii acoperiţi cu un strat gros de cauciuc şi peretele interior al cuvei 6, căptuşit şi el cu cauciuc. Datorită faptului că axul vertical 1 se roteşte cu un număr de rotaţii de circa trei ori mai mare decît acela al amestecătoarelor cu tăvălugi, aici tăvălugii sînt apăsaţi de către forţa centrifugă spre peretele cuvei. Amestecul ridicat de către plugurile 5 ajunge sub tăvălugi care se rotesc în jurul axelor lor, datorită forţelor de frecare ce se nasc între amestec şi tăvălugi. Datorită forţelor de frecare granulele de nisip se rotesc şi se înfăşoară cu o peliculă de liant umed.

Amestecătoarele pendulare sînt maşini de mare productivitate obţinîndu-se amestecuri de bună calitate. Faţă de 8-10 minute cît durează operaţia de amestecare la amestecătoarele cu tăvălugi, aici amestecarea durează 80-120 secunde. In acelaşi timp în aceste amestecătoare nu are loc sfărîmarea gra-

nulelor de nisip, ceea ce se poate întîmpla în amestecătoarele cu tăvălugi verticali.

Amestecătoarele pendulare ocupă spaţiu puţin şi funcţionează timp îndelungat fără reparaţii, datorită faptului că organele principale de uzură sînt căptuşite cu cauciuc.

- **Aeratoarele** sînt agregate pentru afînarea materialelor şi amestecurilor de formare. Sînt de diferite tipuri constructive. In fig. 8.9 se prezintă un aerator care afînează amestecul de formare prin proiectarea lui de către un sistem de palete pe vergele.

Acţionarea arborelui principal 2 se face de către un motor electric 1 prin intermediul unei curele. Pe arbore sînt montate paletele 3, care proiectează amestecul introdus prin pîlnia 4 peste sistemul de vergele verticale 5.

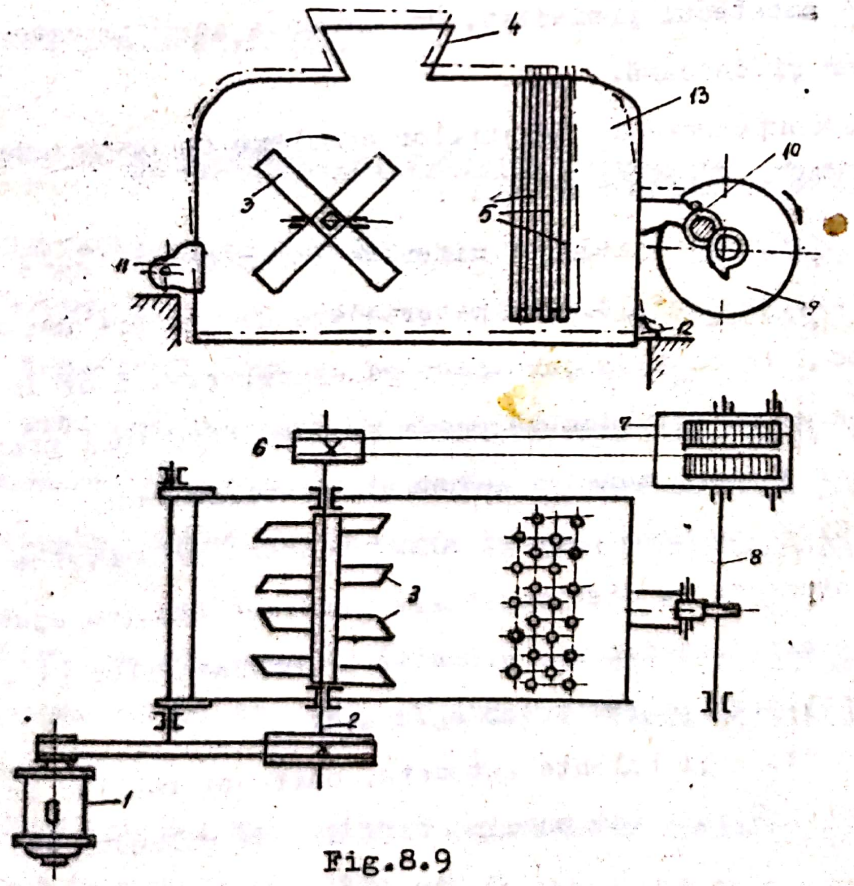


Fig.8.9
Aerator cu palete şi vergele.

Trecînd printre vergele, amestecul se afînează. Datorită vibraţiei vergelelor o parte din amestecul lipit se desprinde de pe ele şi cade jos. Cu toate acestea o bună parte din amestec rămîne lipit de vergele şi de peretele frontal al carcasei 13. Pentru desprinderea lui, întreaga carcasă, articulată de axul 11 este periodic ridicată în sus prin intermediul roţii 6, reductorul planetar 7, precum şi prin intermediul camei 9, fixată rigid pe axul 8. Cama ridică rola 10, iar aceasta la rîndul său, ridică maşina. La terminarea cursei active a camei, carcasa scapă de sub acţiunea ei şi se izbeşte cu colţarele 12 de un tampon, provocînd un şoc în întregul corp al maşinii, desprinzînd în acest fel amestecul lipit de vergele şi pereţii carcasei.

O construcţie simplificată de aerator se poate obţine prin înlocuirea vergelelor cu lanţuri ce sînt în permanenţă mişcate de amestecul proiectat. Un asemenea aerator este lipsit de reductor şi de camă.

In componenţa instalaţiilor complexe de preparare mai intră şi alte elemente cum sînt :

- desprăfuitoarele de diferite construcţii, care realizează extragerea prafului din materialele de formare uscate şi din amestecul folosit în curs de regenerare, ştiind că în amestecul preparat nu este dorită prezenţa unei fracţiuni granulometrice foarte fine, care ar reduce permeabilitatea;

- diferite dozatoare şi alimentatoare volumetrice cum sînt alimentatoare cu disc, dozatoare rotative etc., cu ajutorul cărora se realizează dozarea automată a componenţilor şi alimentarea continuă a diferitelor agregate;

- cîntare şi balanţe automate, care pot realiza dozarea gravimetrică mult mai precisă faţă de cea volumetrică.

- transportoare de diferite construcţii, cu benzi transportoare, transportoare elicoidale, transportoare cu cupe (elevatoare) pentru transportul pe verticală a diferitelor materiale, transportoare pneumatice, instalaţii de transport în strat fluidizat etc.

- diferite silozuri şi buncăre de depozitare;

- dozatoare şi capete de stropire pentru introducerea apei şi altor componenţi în stare lichidă în amestecurile care se prepară.

- elemente de automatizare şi de comandă automată cum sînt: diferite relee, instalaţii de semnalizare şi de avertizare, robinete cu comandă magnetică sau cu servomotoare, sibere comandate cu servomotoare, relee de timp şi altele.

Instalaţiile moderne de preparare a amestecurilor de turnătorie avînd un grad ridicat de mecanizare şi automatizare prezintă o foarte mare productivitate.

8.3.3. Confectionarea formelor temporare. Generalităţi

Confecţionarea formelor sau formarea este operaţia prin care se obţine forma de turnare, adică golul imprimat în amestecul de formare în care se toarnă metalul topit.

Formarea este operaţia cea mai importantă a procesului tehnologic de turnare, deoarece de ea depinde precizia dimensională a piesei turnate, forma şi în parte proprietăţile mecanice ale piesei.

Formarea comportă următoarele operaţii: executarea formei şi a miezurilor; vopsirea şi uscarea formei şi a miezurilor; ansamblarea formei.

După cum s-a mai amintit majoritatea pieselor se toarnă în forme temporare. Acestea pot fi executate prin formare

manuală, executată exclusiv manual sau prin formare mecanizată, unde cel puţin operaţia de îndesare a amestecului se execută cu ajutorul maşinilor de format.

8.3.4. Formarea manuală

După specificul pieselor care se toarnă formarea manuală se execută în mai multe variante. Astfel de cele mai multe ori se execută în rame de formare. In cazul pieselor simple sau de dimensiuni mari formarea manuală se poate face direct în solul turnătoriei fie cu model fie cu ajutorul şablonului.

a. Formarea în rame

Această metodă de formare presupune executarea formei în două sau mai multe rame de formare, care înainte de turnare se asamblează. Ramele sînt confecţionate de obicei din metal, fiind turnate din fontă, oţel sau aliaje de aluminiu, sau sînt executate din tablă de oţel prin sudură. Ramele sînt prevăzute cu elemente de prindere şi manevrare, iar pentru ghidare sînt prevăzute cu proeminenţe (urechi) cu bucşe de ghidare şi tije de centrare. Proeminenţele interioare, de-a lungul planului de separaţie, contribuie la susţinerea amestecului de formare îndesat în rame. De obicei formele se execută din două rame de formare, dar pentru piesele de formă complexă unde sînt necesare mai multe suprafeţe de separaţie, pot fi folosite garnituri compuse din trei sau mai multe rame.

In fig. 8.1o. a şi b, se prezintă spre exemplificare o garnitură de două rame asamblate (secţiuni) şi respectiv de trei rame de formare. Menţionăm că ramele de formare sînt standardizate în STAS 289o-69.

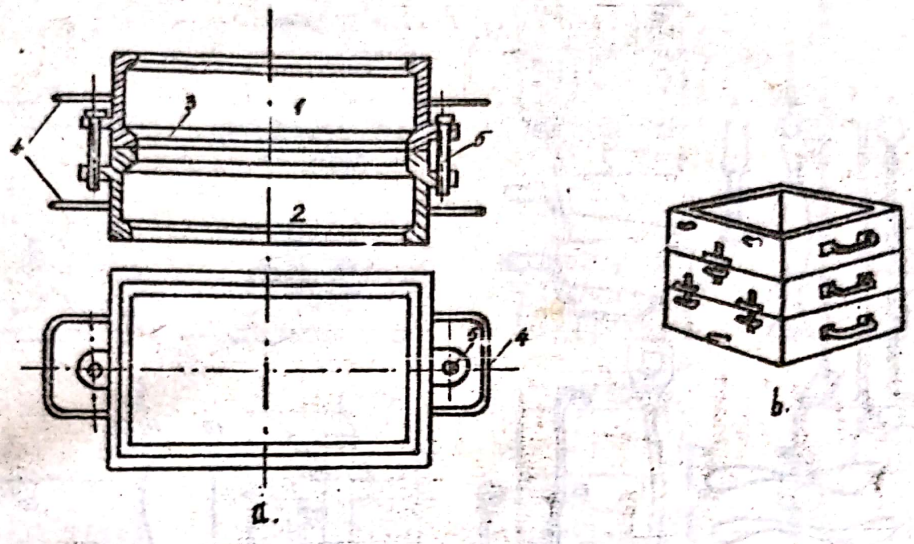


Fig. 8.1o

Garnitură de rame de formare

a-două rame; 1-rama superioară; 2-rama inferioară; 3-nervuri; 4-mînere; 5-dispozitiv de ghidare (urechi cu tije de centrare) b - trei rame.

In afară de rame, model, amestec de formare, cutie de miez şi amestec pentru miezuri pentru executarea unei forme prin metoda de formare manuală mai sînt necesare o serie de unelte de formare, prezentate în fig. 8.11.

Metodele de formare manuală sînt destul de variate, în funcţie de complexitatea formei pieselor de turnat şi de construcţia modelului.

Pentru exemplificare în fig. 8.12 se prezintă fazele succesive pentru executarea unei forme în două rame de formare, metodă des utilizată în turnătoriile cu producţie nemecanizată.

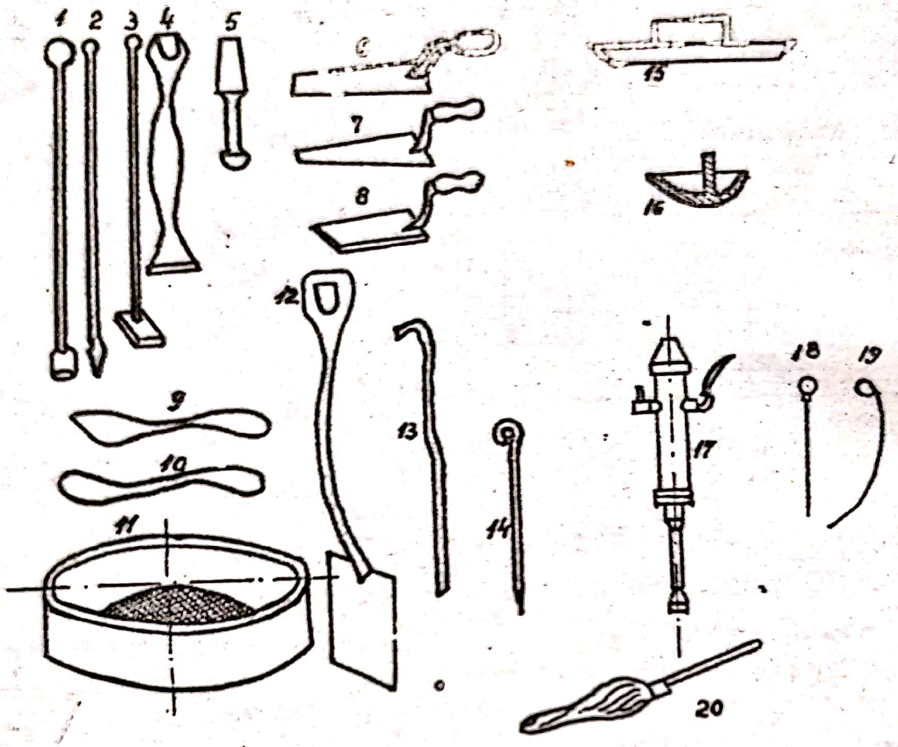


Fig. 8.11

Sculele speciale ale turnătorului

1,2,3,4,5 - bătătoare manuale; 6,7,8 - troile; 9,1o - lanţete; 11 - ciur; 12 - lopată; 13 - croşetă; 14 - cîrlig pentru extragerea modelelor; 15,16 - netezitoare; 17 - bătător pneumatic; 18,19 - ace pentru aerisire; 2o - pensulă.

Scanned with OKEN Scanner

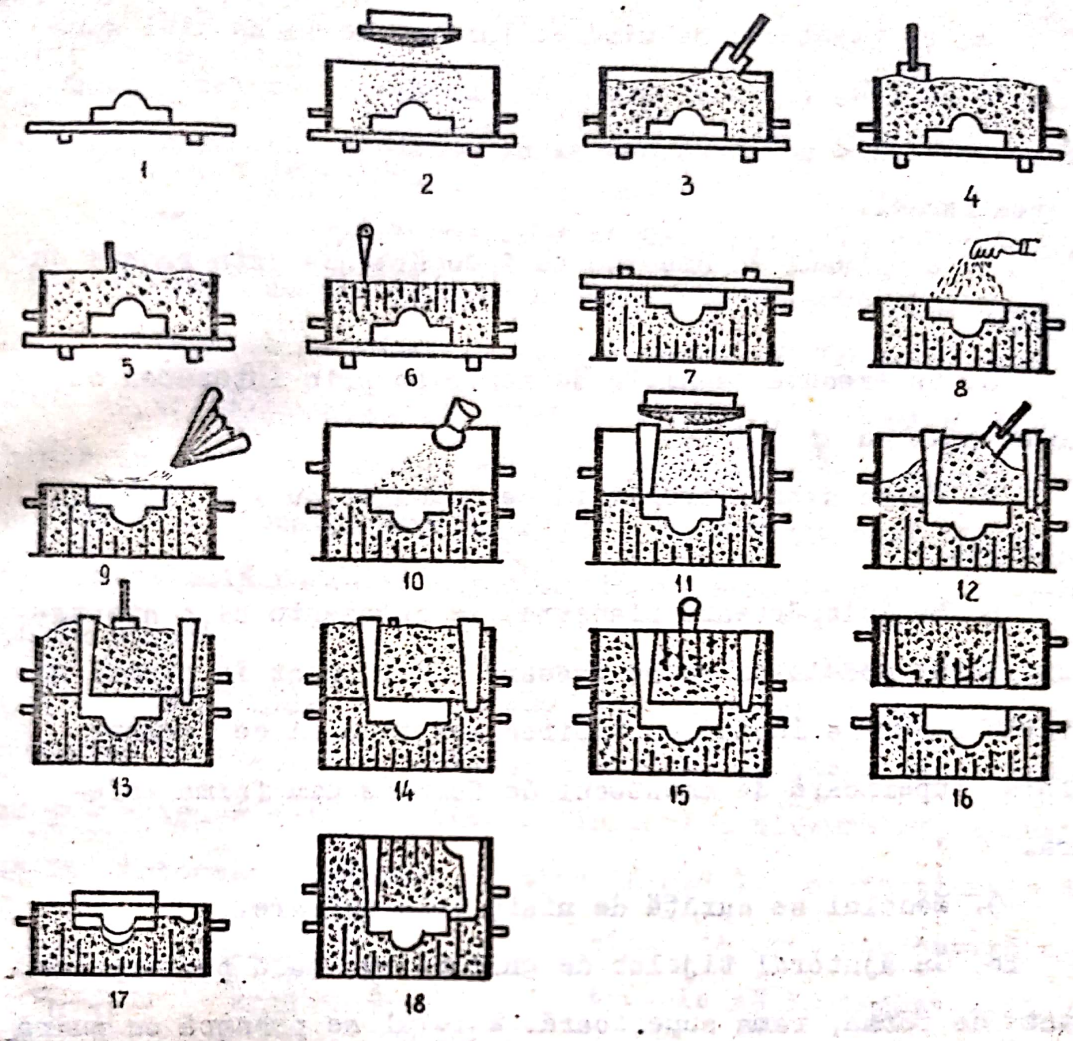


Fig. 8.12

1. Se așază modelul cu suprafața plană pe placa dreaptă (planșetă de lemn).

2. Pe aceeași placă peste model se așază rama inferioară și după ce se pudrează modelul cu licopodiu pentru a se evita lipirea amestecului de formare de model, se cerne amestec de model pînă cînd modelul se acoperă cu un strat de 10-15 mm, după care se execută îndesarea cu mîna.

3. Peste amestecul de model se introduce cu lopata amestec de umplutură.

Scanned with OKEN Scanner

4. Cu bătătorul de mînă se începe, de la margini spre centru, îndesarea primului strat de amestec de umplere, după care se introduce un strat nou şi se continuă îndesarea pînă la umplerea formei.

5. Surplusul de amestec se îndepărtează prin radere cu o riglă.

6. Se execută canalele de aerisire prin înţeparea cu un ac de oţel cu ϕ 3-5 mm.

7. Forma astfel pregătită se întoarce cu 180° împreună cu planşeta.

8. Se îndepărtează planşeta, se netezeşte bine amestecul din jurul modelului şi se presară nisip uscat în planul de separaţie pentru a împiedica lipirea amestecului de formare din forma superioară de amestecul de formare din forma inferioară.

9. Modelul se curăţă de nisip prin suflare.

10. Cu ajutorul tijelor de ghidare se aşază peste prima jumătate de formă, rama superioară. Modelul se presară cu pudră de izolaţie (licopodiu).

11. Se aşază piciorul de turnare şi eventual maselotele, după care se introduce amestec de model care se îndeasă cu mîna.

12. Forma superioară se alimentează în continuare cu lopata cu amestec de umplutură.

13. Amestecul introdus se îndeasă prin batere uniformă în straturi succesive.

14. Surplusul de amestec se îndepărtează prin radere cu o riglă metalică.

15. Cu ajutorul troilei se execută prin scobire pîlnia de turnare, apoi se scoate cu mare grijă piciorul de turnare şi eventual maselotele şi se înţeapă canalele de aerisire.

Scanned with OKEN Scanner

16. Se pune deasupra planşeta de lemn, după care se ridică cu grijă rama superioară şi, întorcîndu-se cu 180°, se aşază pe masa de lucru.

17. In forma inferioară se taie canalele de alimentare, care se leagă de picior prin intermediul colectorului de zgură.

După ce se umezeşte cu apă amestecul în jurul modelului, se trece la demulare. Pentru aceasta de obicei se înşurubează în model un cîrlig, care se ciocăneşte în diferite sensuri provocînd dizlocarea modelului care se extrage apoi din formă. Se controlează forma şi eventualele defecte se udă cu pensula şi se repară.

Observaţii. In cazurile cînd piesa prezintă goluri, se montează miezurile cu ajutorul mărcilor. In cazul cînd mărcile nu pot asigura o stabilitate suficientă a miezurilor, atunci se mai folosesc suporturi de miez (fig.8.13) confecţionate din sîrmă de oţel cositorită care trebuie să împiedice atît căderea cît şi ridicarea miezurilor înainte sau în timpul umplerii formei de metal. Suporturile de miez rămîn în pereţii pieselor turnate şi se sudează de acestea. Poziţia corectă a miezurilor în formă se verifică cu ajutorul şablonelor înainte de a închide definitiv formele.

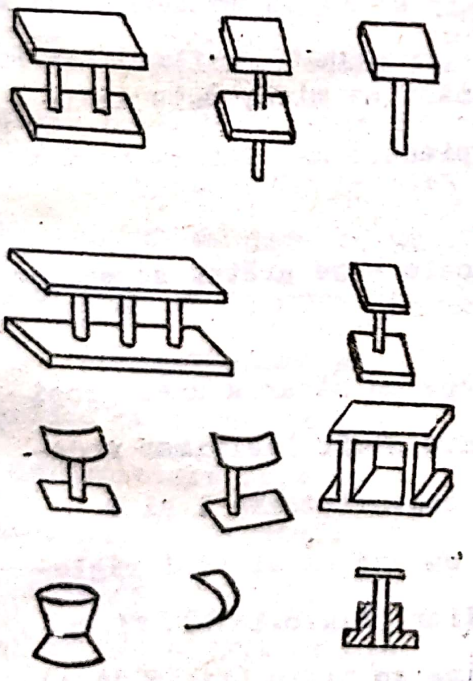


Fig. 8.13
Suporturi de miez.

18. Pentru asamblarea formei, se aşază din nou rama superioară peste cea in-

ferioară, folosind tijele de ghidare, apoi în cazul formelor mici şi mijlocii se prind între ele cu bride sau se aşază greutăţi deasupra lor, iar în cazul formelor mari se strîng cu dispozitive de strîngere pentru a preveni desfacerea formelor sub efectul presiunii metalului turnat.

Menţionăm faptul că în cazul formării pentru piese care pun probleme deosebite din punctul de vedere al tehnologiei formării, problemele se pot rezolva aplicînd diferite metode cum ar fi: folosirea de miezuri exterioare de diferite forme, miezuri false (sau zburătoare), formarea în trei sau mai multe rame etc.

35. b. Formarea în solul turnătoriei

Metoda se foloseşte în general în cazul turnării pieselor mari. Ea necesită o amenajare corespunzătoare a solului turnătoriei care constă din pregătirea patului de formare care trebuie să asigure o bază pentru piesa turnată şi să asigure evacuarea gazelor.

Pentru formarea pieselor cu înălţime mică, este indicat patul moale (afînat), iar pentru piesele mai înalte un pat tare.

Etapele pregătirii unui pat moale este arătat schematic în fig. 8.14.

Pregătirea unui pat moale începe cu săparea unei gropi cu adîncime de cca 200 mm (ceva mai mare decît înălţimea modelului) în care se aşază două scînduri delimitatoare 1 şi 2 (fig.8.14.a). Cu ajutorul unei nivele cu apă şi al unei rigle te se asigură orizontalitatea scîndurilor (fig.8.14.b), fixîndu-se în această poziţie prin sprijinire cu nisip (fig.8.14.c). In continuare se umple groapa cu amestec de umplutură care se răzuieşte cu aceiaşi riglă. Se aşază pe scîndurile delimita-

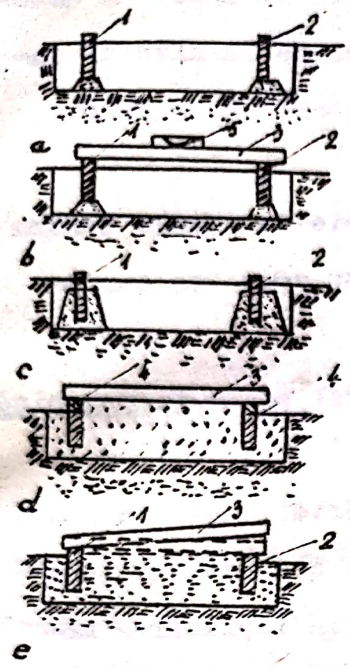


Fig.8.14

Pregătirea unui pat moale.

1,2-scînduri delimitatoare; 3-rigletă; 4-adaosuri; a-aşezarea scîndurilor delimitatoare în groapă; b,c-reglarea înălţimii delimitatoare pentru asigurarea suprafeţei orizontale; d-umplere cu amestec de umplutură la orizontală; e-îndesarea amestecului de model şi îndepărtarea riglei orizontale.

toare două adaosuri de 10-20 mm notate cu 4 în fig. 8.14.d, şi se umple spaţiul dintre ele cu amestec de model care se netezeşte cu rigla 3 (fig.8.14.d). In fine, se înlătură adaosurile 4 şi amestecul se apasă cu rigla pînă se ajunge din nou la nivelul scîndurilor. Pentru finisarea formei se mai poate cerne un strat subţire de amestec care se netezeşte cu troila.

La pregătirea patului tare, groapa se face mai adînc decît modelul cu 300-400 mm şi în ea se aşază un strat de cocs cu paie care să asigure evacuarea gazelor (fig.8.15).

In continuare se introduce cu lopata amestec de umplutură care se bătătoreşte în straturi alternative de 50-75 mm. Lateral se aşază ţevi de aerisire care fac legătura între stratul de cocs şi atmosferă. Cînd adîncimea

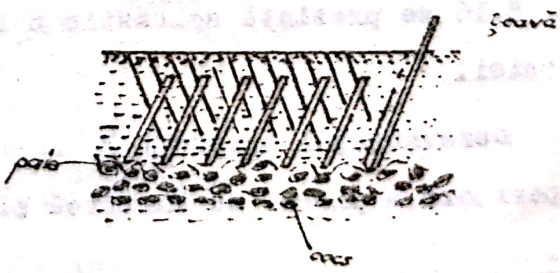


Fig. 8.15

gropii a ajuns sub înălţimea modelului, acesta se umple cu amestec de model şi se bătătoreşte pînă la 100 mm de la nivelul solului, apoi se montează scîndurile de delimitare ca la patul moale şi se continuă formarea.

In patul de formare se înţeapă o serie de canale pentru aerisire care trebuie să ajungă la stratul de cocs aşa cum se vede în fig.8.15.

Formarea în solul turnătoriei cu model poate fi deschisă sau închisă .

- Formarea deschisă în solul turnătoriei, adică confecţionarea de forme avînd partea superioară în contact cu atmosfera, este simplă şi se execută de obicei prin imprimarea modelului, cu lovituri uşoare de ciocan, într-un pat moale, pregătit anterior. Metoda se aplică numai la piese cu suprafaţa superioară plană şi care nu reclamă condiţii rigoroase de precizie. Orizontalitatea suprafeţei respective a modelului se controlează cu ajutorul nivelei cu apă. După imprimare se îndeasă amestecul în jurul modelului si se niveleză suprafaţa formei. Turnarea metalului se face de obicei printr-o pîlnie cu canal de alimentare, pentru a preveni spălarea formei. In partea opusă a formei se taie un canal în care se adună surplusul de material indicînd sfîrşitul turnării. In final se scoate modelul şi se presară pe formă praf de mangal sau grafit. In fig. 8.16 se prezintă schematic o formă deschisă în solul turnătoriei.

Dezavantajul turnării în forme deschise este că partea superioară a piesei se durifică şi conţine zgură şi impurităţi.

- Formarea închisă în solul turnătoriei - este o variantă mai perfecţionată a formării în solul turnătoriei. Se execută

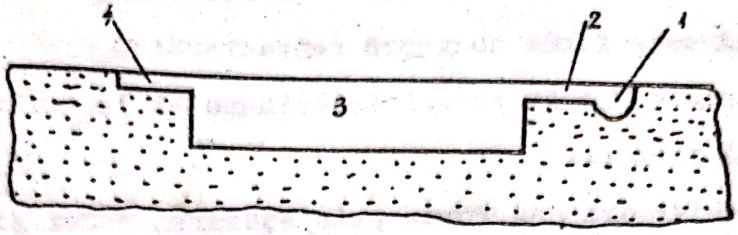


Fig. 8.16

Formă deschisă în solul turnătoriei

1-pîlnia de alimentare; 2-canal de alimentare; 3-forma propriu-zisă; 4-canal pentru adunarea surplusului de material.

atît pe pat moale cît şi pe pat tare. Se deosebeşte de formarea deschisă prin aceea că, după presarea modelului în sol şi baterea pămîntului în jurul lui, se aşază deasupra o ramă de formare fixată cu 4 ţăruşi, care are rolul de capac şi în care se aşază modelele reţelei de turnare şi ale maselotelor şi se presară suprafaţa de separaţie cu nisip uscat. Spre exemplificare în fig. 8.17 se prezintă o asemenea formare pe pat tare. In continuare procedeul este următorul:

- se pune în ramă amestec de formare, se bătătoreşte şi se practică orificiile de ventilaţie;

- se ridică rama dintre ţăruşi (care rămîn înfipţi în sol).

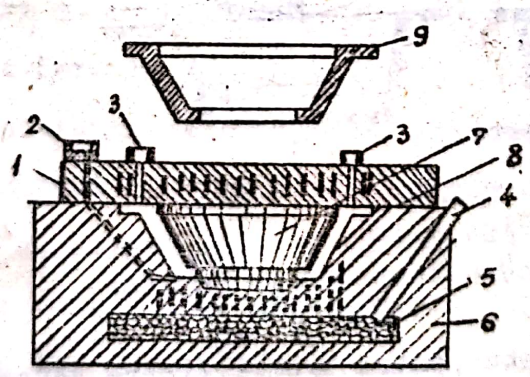


Fig.8.17

Formare închisă în solul turnătoriei

1-ramă de formare; 2-pîlnie de turnare; 3-formă pentru maselctă; 4-ţeavă de evacuare pentru gaze şi aer; 5-strat de cocs; 6-pat de formare; 7-miez; 8-formă; 9-piesă turnată.

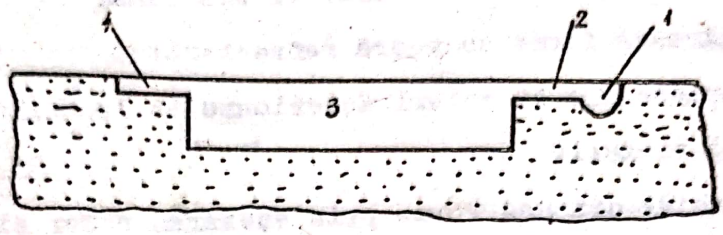


Fig. 8.16

Formă deschisă în solul turnătoriei

1-pîlnia de alimentare; 2-canal de alimentare; 3-forma propriu-zisă; 4-canal pentru adunarea surplusului de material.

atît pe pat moale cît şi pe pat tare. Se deosebeşte de formarea deschisă prin aceea că, după presarea modelului în sol şi baterea pămîntului în jurul lui, se aşază deasupra o ramă de formare fixată cu 4 ţăruşi, care are rolul de capac şi în care se aşază modelele reţelei de turnare şi ale maselotelor şi se presară suprafaţa de separaţie cu nisip uscat. Spre exemplificare în fig. 8.17 se prezintă o asemenea formare pe pat tare. In continuare procedeul este următorul:

- se pune în ramă amestec de formare, se bătătoreşte şi se practică orificiile de ventilaţie;

- se ridică rama dintre ţăruşi (care rămîn înfipţi în sol).

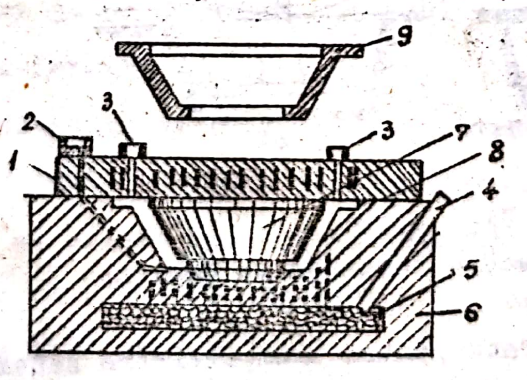


Fig.8.17

Formare închisă în solul turnătoriei

1-ramă de formare; 2-pîlnie de turnare; 3-formă pentru maselctă; 4-ţeavă de evacuare pentru gaze şi aer; 5-strat de cocs; 6-pat de formare; 7-miez; 8-formă; 9-piesă turnată.

- se extrag modelele din formă şi din ramă;

- se pudrează forma cu pudră refractară;

- dacă piesa are şi goluri interioare în locurile indicate se montează miezuri;

- se închide din nou forma prin aşezarea ramei şi se consolidează prin aşezare de greutăţi.

c - Formarea cu şablonul

In producţia individuală de piese mari, de forma corpurilor de revoluţie este avantajoasă uneori formarea cu şablonul, la care nu mai sînt necesare modelele, deoarece cavitatea formei se obţine cu ajutorul unor scînduri sau table profilate, numite şabloane. Dispozitivul folosit pentru formare cu şablon este arătat în fig. 8.18 a şi b, şi constă din suportul 1, axul 2, braţ port şablon 3 şi şablonul 4.

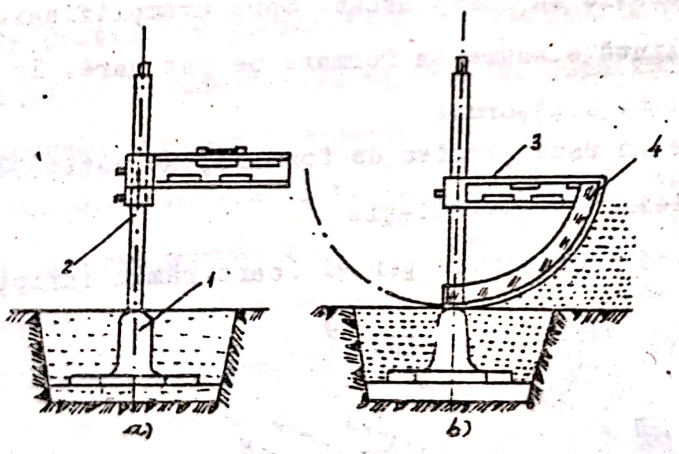


Fig. 8.18
Dispozitiv pentru formarea cu şablon.

In fig.8.19 se arată pentru exemplificare schematic formarea unei roţi de transmisie 1 cu două şabloane.

In acest scop, într-o groapă din solul turnătoriei se aşază suportul 5, împreună cu axul 4, apoi se introduce în

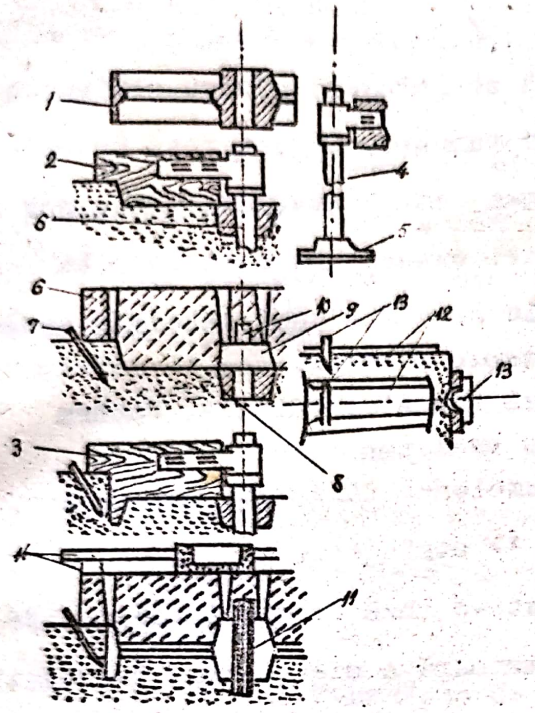


Fig. 8.19
Formarea cu şablon a unei roţi de transmisie.

groapă amestec de formare. Pe axul 4, printr-un inel de fixare, se prinde braţul şablonului 2 cu care se execută o cavitate în solul turnătoriei. Se îndepărtează apoi şablonul cu braţul şi inelul de fixare şi se introduce jumătate din modelul butucului. Apoi se scoate axul. Se aşază a doua jumătate a butucului 9 cu marca lo, după care se aşază rama superioară 6, care se fixează cu cîte un ţăruş în fiecare colţ. Se aşază modelele pentru piciorul reţelei de turnare, maselote etc., se introduce amestecul de formare (de model şi apoi de umplutură) care se îndeasă, după care se ridică partea superioară a formei şi se îndepărtează modelele butucului. Din nou se introduce axul cu inelul de fixare şi se montează şablonul 3 cu care se execută partea de jos a formei.

După îndepărtarea şablonului se trasează locul spiţelor în partea inferioară a formei, cu ajutorul unui dispozitiv de divizare, apoi se scoate axul şi se execută în ambele forme golurile spiţelor cu ajutorul şablonului 13, care gliseză pe riglele de lemn 12.

In final se execută operaţiile de finisare, apoi se montează miezul 11 şi se închide forma. Pentru evitarea scurgerilor de metal deasupra formei se pune greutatea 14 şi apoi se execută turnarea.

CURSUL NR. 12

d - Formarea în miezuri

Miezurile în mod obişnuit se folosesc pentru obţinerea golurilor interioare ale pieselor turnate. Uneori însă în special la piese cu o configuraţie mai complicată, miezurile pot fi folosite şi la realizarea formei exterioare a piesei. In aceste cazuri se execută miezurile separate după metodele ce se prezintă în continuare (vezi cap.8.5"Executarea miezurilor") şi apoi se asamblează obţinîndu-se forma de turnare. Pentru asamblarea miezurilor se folosesc trei procedee:

1. formele-miezuri se asamblează fără rame exterioare, consolidînsu-se printr-un sistem de strîngere;

2. forma se asamblează într-o ramă specială prelucrată în interior după dimensiunea exterioară a miezurilor. Procedeul este aplicat în cazul pieselor mari.

3. miezurile se aşază în nişte rame de formare, iar în jurul lor se bate amestec de formare care îmbracă miezurile. Procedeul se foloseşte la producţia de serie.

Acest procedeu de formare are un preţ de cost mai ridicat decît formarea obişnuită datorită lianţilor organici folosiţi în amestecul de miez. Cu toate acestea folosirea acestui procedeu de formare este justificat prin faptul că asigură o îmbunătăţire a calităţii suprafeţelor pieselor turnate şi de asemenea miezurile avînd o permeabilitate mai ridicată, posibilitatea formării suflurilor se reduce simţitor.

36. 8.3.5. Formarea mecanizată (mecanică)

Dintre procedeele de mare productivitate în turnătorii s-a dezvoltat pe scară largă turnarea în forme crude cu formarea mecanizată.

La acest procedeu formarea se execută cu ajutorul maşinilor de format care pot mecaniza parţial sau total opera-

ţiile de îndesare a amestecului de formare şi scoaterea modelului din formă.

Formarea mecanică se utilizează în cazul turnătoriilor cu producţie de piese de serie mare şi foarte mare.

Faţă de formarea manuală, formarea mecanizată prezintă următoarele avantaje:

- productivitate foarte ridicată,
- precizia pieselor turnate creşte,
- se poate micşora adaosul de prelucrare,
- extragerea modelului se face mecanizat fără deteriorarea formei,
- se reduce suprafaţa de producţie necesară formării,
- se reduce preţul de cost al pieselor turnate,
- se îmbunătăţesc şi se uşurează condiţiile de muncă la formare,
- se poate lucra cu muncitori cu calificare inferioară.

La formarea mecanică se utilizează <u>plăci de model</u> pe care sînt fixate modelele metalice, cu o durabilitate foarte mare. Dată fiind diversitatea mare de tipuri ale maşinilor de formare, înainte de a se trece la prezentarea celor mai importante dintre ele este necesară o clasificare a lor. In acest scop se folosesc trei criterii de bază şi anume:

1 - după modul de acţionare (după sursa energetică)
2 - după modul de extragere a modelului, şi
3 - după modul de îndesare a amestecului.

1. <u>După modul de acţionare</u> se deosebesc următoarele tipuri de maşini de format:

a - maşini manuale
b - " pneumatice
c - " hidraulice

d - maşini mecanice

e - " electromagnetice.

a. Maşinile manuale, reprezintă mecanisme puse în acţiune prin forţa muşchiulară. Ele au o productivitate foarte scăzută şi de aceea sînt pe cale de dispariţie în turnătorii.

b. Maşinile pneumatice sînt cele mai răspîndite, datorită faptului că sînt simple, robuste, uşor de manevrat, realizează o îndesare satisfăcătoare şi au productivităţi ridicate. In plus aerul comprimat evacuat din mecanisme constituie o sursă de reîmprospătare a aerului în turnătorii.

c. Maşinile hidraulice, lucrează la presiuni de ordinul 50 daN/cm^2, sînt mai compacte decît cele pneumatice. Datorită vitezelor mici de deplasare ale pieselor acţionate hidraulic, sistemul de îndesare prin scuturare nu poate fi obţinut prin energia hidraulică. In general instalaţia este mai complicată. Etanşarea conductelor şi organelor maşinilor hidraulice este mai dificilă decît la mecanisme pneumatice. Sînt folosite rar.

d. Maşinile mecanice sînt folosite destul de rar şi anume ca maşini de formare obişnuite lucrînd prin scuturare sau presare. Aceste maşini sînt puse în mişcare de un electromotor sau de o transmisie.

e. Maşinile electromagnetice, se folosesc la îndesarea formelor numai prin presare. Deşi încă au o răspîndire redusă, datorită construcţiei simple şi a consumului redus de energie au perspective în viitor.

2. După modul de extragere a modelelor se deosebesc patru tipuri de maşini:

a - maşini la care forma se ridică de p[illegible] placa de model (mecanism de extragere cu cepuri sau ştifturi);

b-maşini cu mecanisme de extragere pieptene;

c-maşini cu masă rotativă;

d-maşini cu placă sau masă basculantă (rabatabilă).

a. Maşini la care forma se ridică de pe placa de model (mecanisme cu ştifturi).

Schema de principiu al funcţionării acestor maşini este arătată în fig. 8.2o. Rama de formare 1 este aşezată pe placa de model 2, umplută cu amestec şi îndesată după care rama susţinută de patru ştifturi 3, aşezate la colţuri este ridicată, iar modelul cu placa rămîne pe loc.

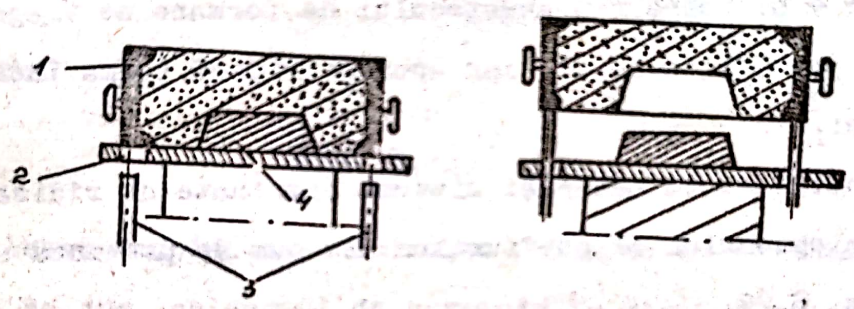


Fig. 8.2o

Pentru trecerea ştifturilor, placa model are găuri sau decupări la colţuri. Stifturile sînt deplasate cu ajutorul unui mecanism simplu (cremalieră, pîrghie, cilindru pneumatic etc).

b - Maşini cu mecanisme de extragere pieptene. Aceste maşini cu mecanisme pieptene se folosesc pentru evitarea ruperii unor proeminenţe înguste şi înalte din formă. Schema de funcţionare a unei asemenea maşini cu mecanism pieptene este arătat în fig. 8.21, la care pieptenele face parte din placa model, iar proeminenţele modelului sînt trase în jos, micşorînd astfel frecarea dintre amestec şi model evitîndu-se dărîmarea părţilor centrale a formei însemnate cu X.

Scanned with OKEN Scanner

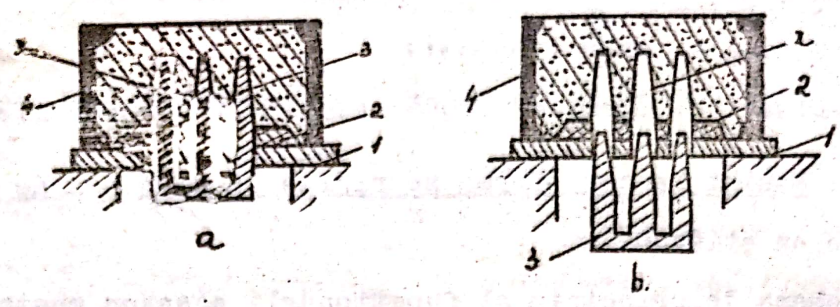


Fig. 8.21

După cum se vede în fig. 8.21.a, modelul este alcătuit din două părţi, una fixă 2 pe placa de model 1 prevăzută cu tăieturi prin care pătrunde partea mobilă 3. După aşezarea ramei de formare 4 şi îndesarea amestecului de formare se trage partea mobilă în jos (fig.8.21.b), iar apoi se ridică forma îndesată de pe model.

Uneori se folosesc şi sisteme combinate de ridicare cu ajutorul pieptenului şi ştifturilor aşa cum se prezintă schematic în fig. 8.22.

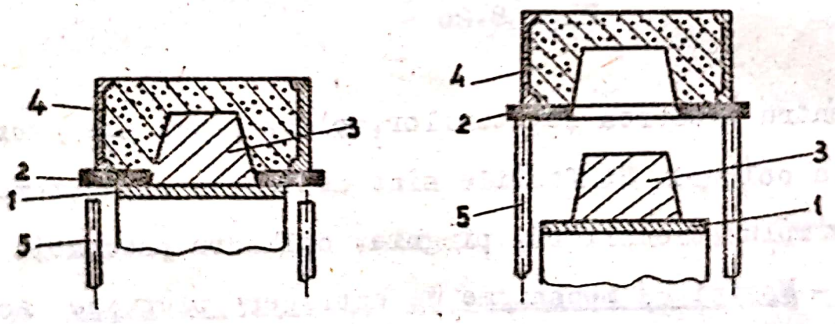


Fig. 8.22

1-placa model; 2-pieptenele; 3-model; 4-rama de formare; 5-ştifturi de ridicare.

In acest caz pieptenul 2 nu face parte din model. Pieptenele este ridicat împreună cu forma de pe model de către cele patru ştifturi ale maşinii.

Scanned with OKEN Scanner

c - Mașini cu masă rotativă

Se folosesc la formarea unor piese înalte cu dimensiuni mijlocii și mari. Mecanismele mașinii permit întoarcerea formei cu 180° și preluarea ei de către un mecanism situat sub mașină așa cum se arată în fig. 8.23.

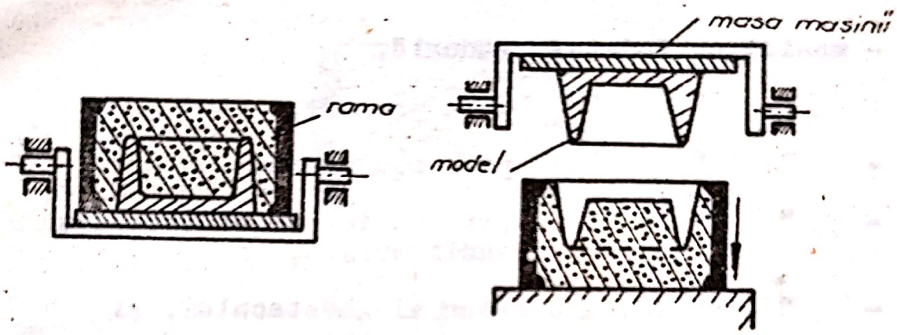


Fig. 8.23

Aceste mașini sînt folosite mai ales la îndesarea semiformelor de jos, cu scopul de a reduce la minimum manevrele formelor după îndesare.

d - Mașini cu masă basculantă (rabatabilă)

Față de mașinile cu masă rotativă aceste mașini se deosebesc prin faptul că au axul de rotire a mașinii lateral și de asemenea dispozitivul de extragere a formei de pe placa de model nu este plasat sub mașină ci alături de mașină (fig.8.24).

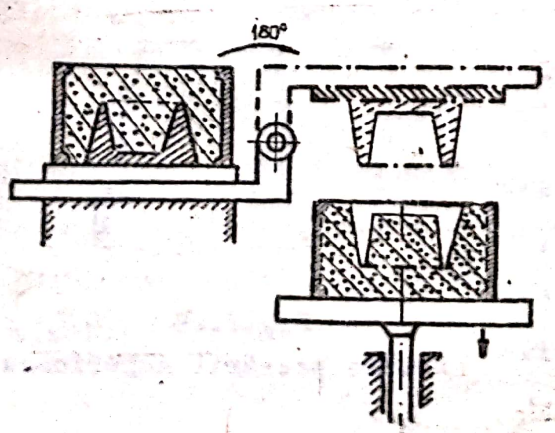


Fig. 8.24

Scanned with OKEN Scanner

Avantajul acestui sistem este că forma poate fi luată cu macaraua direct de pe dispozitiv, fără nici o manevră suplimentară. Poziţia rabătută a mesei şi a formei este reprezentată prin linii punctate.

3. După modul de îndesare a amestecului

După modul cum este executată operaţia de îndesare deosebim :

a - maşini cu îndesare manuală,
b - " " " prin presare,
c - " " " prin scuturare,
d - " " " prin scuturare şi îndesare suplimentară,
e - " cu cap aruncător al amestecului, şi
f - " speciale.

a. Maşini cu îndesare manuală. Sînt cele mai simple maşini la care se mecanizează numai operaţia de ridicare a formei de pe placa model. Operaţia de îndesare este executată cu ajutorul bătătoarelor manuale sau pneumatice.

b. Maşini cu îndesare prin presare. Aceste maşini lucrează de obicei prin presare superioară (de sus în jos) aşa cum se poate observa în fig.8.25. Pe masa maşinii 1, este aşezată placa model 2, iar peste ea rama de formare 3.

Pentru asigurarea cantităţii de amestec pentru presare se foloseşte o ramă ajutătoare 4 numită ramă de umplere. Ramele se umplu cu amestec de formare şi masa maşinii se ridică în sus executîndu-se presarea de către traversa 5 fixată pe capul 6 al maşinii.

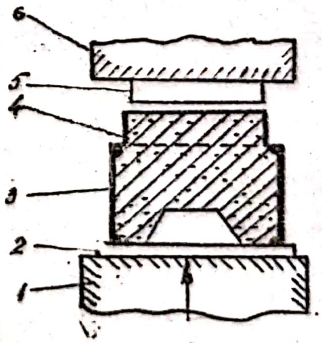


Fig.8.25
Schema presării superioare.

c - <u>Mașini cu îndesare prin scuturare</u>. Se folosesc îndeosebi în cazul ramelor înalte, mașina asigurînd o densitate mult mai uniformă a amestecului de formare în ramă. Aici îndesarea amestecului este dată de o mișcare de ridicare și cădere a mesei pe care se află montată placa model. Principiul de funcționare a unei mașini scuturătoare este arătată schematic în fig. 8.26.

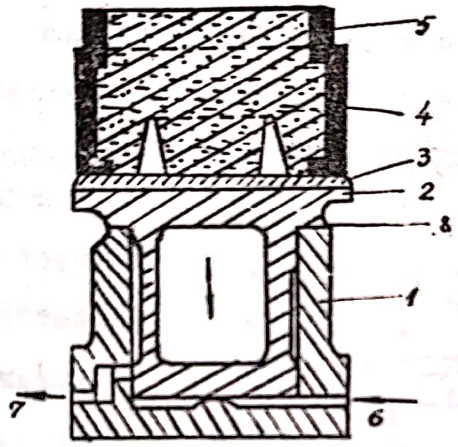


Fig. 8.26

Schema unei mașini de îndesare prin scuturare.

1-batiu; 2-piston; 3-placa de model; 4-rama de formare; 5-rama de umplere; 6-orificiu pentru introducerea aerului comprimat; 7-orificiu de evacuare; 8-bordură.

Scuturarea mesei, împreună cu placa model și ramele umplute cu amestec se realizează cu ajutorul aerului comprimat la 6-7 at. care pătrunde în cilindrul mașinii care joacă și rol de batiu, ridică pistonul în sus cu masa și cu tot ce se găsește pe masă pînă în momentul cînd marginea de jos a pistonului deschide orificiul de evacuare. In acest moment presiunea aerului sub piston scade brusc și pistonul cu tot ce este prins de el cade lovind cu bordura 8 batiul mașinii (vezi fig.8.26). Loviturile se repetă pînă la închiderea robinetului de aer comprimat.

Scanned with OKEN Scanner

d - Mașini de îndesare prin scuturare și îndesare suplimentară. Densitatea cea mai uniformă a amestecului în diferitele zone ale formei se poate realiza cu ajutorul mașinilor care combină îndesarea prin scuturare cu o presare superioară suplimentară, executată după terminarea îndesării prin scuturare.

Mașinile de îndesat prin presare și scuturare sînt construite cu doi cilindri dintre care unul este de presare. Schema de principiu a unei astfel de mașini este prezentată în fig.8.27.

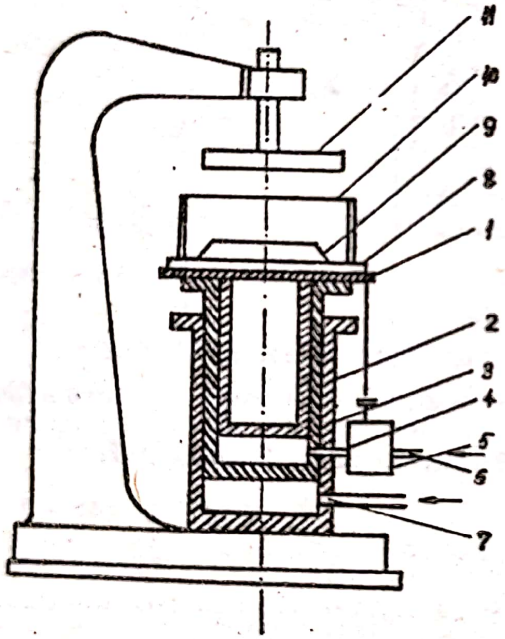


Fig. 8.27
Schema unei mașini de îndesat prin presare și scuturare.

Principiul de funcționare se deduce ușor de pe figură. Astfel pistonul de scuturare 1 este acționat de aerul ce intră prin orificiul 4 prin care este admis și evacuat aerul cu ajutorul supapei 5, scutură placa de model 8 cu modelul 9 și rama lo. Pistonul 1 lucrează în cilindrul 2 care la rîndul său lucrează ca piston de presare în cilindrul 3. După ce s-a terminat scuturarea, se admite aer prin orificiul 7 în cilindrul 3. Pistonul 2 va ridica pistonul 1, respectiv forma, pe care o presează în sabotul 11.

e - Mașini de îndesare cu cap aruncător al amestecului. Aceste mașini pot fi folosite avantajos în cazul formelor mijlo-

Scanned with OKEN Scanner

cii şi mari. Partea principală a maşinii este capul aruncător format dintr-o carcasă metalică în interiorul căreia se roteşte cu o turaţie de cca.1500 rot/min., un rotor cu o paletă. Capul aruncător este alimentat cu amestec de formare printr-un orificiu de alimentare, amestec ce este adus continuu de către un transportor cu bandă. Amestecul luat de paletă este aruncat în rama cu model aflată sub capul maşinii. Datorită vitezei de aruncare amestecul se îndeasă în jurul modelului realizîndu-se o densitate uniformă în tot volumul formei. Schema de principiu al îndesării prin aruncare este prezentată în fig. 8.28.

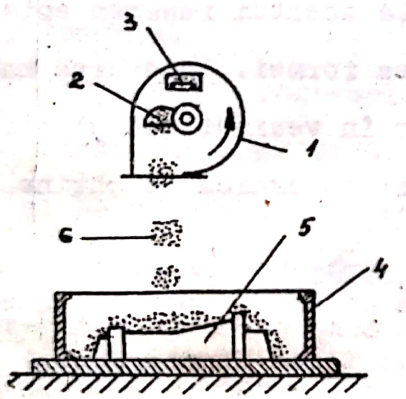


Fig. 8.28
Principiul îndesării amestecului de formare prin aruncare
1-carcasă; 2-rotor cu palete; 3-orificiu de alimentare; 4-ramă; 5-model; 6-amestec de formare.

Gradul de îndesare al amestecului este determinat de viteza de rotaţie a rotorului şi de înălţimea capului aruncător deasupra modelului şi a ramei. Aceste maşini au o productivitate foarte mare, avînd un debit de amestec de cca. 0,3 m^3/min.

Capul aruncător este montat pe un sistem de braţe care permit deplasarea jetului de amestec în plan orizontal şi în felul acesta se poate dirija amestecul de formare în orice zonă a ramei.

f - <u>Masini speciale de îndesat</u>. Din această categorie menţionăm:

- <u>maşinile de format</u> care lucrează pe principiul presării pneumatice cu membrană, unde aerul comprimat este dirijat deasupra unei membrane elastice, care îndeasă amestecul în ramă.

- <u>maşinile de format cu suflarea amestecului</u> care rea-

lizează umplerea ramelor de formare suflînd amestecul dintr-un siloz prin orificiile unui perete despărţitor, direct în formă, folosind în acest scop aerul comprimat. În prezent se construiesc maşini automate de suflat cu mai multe poziţii de lucru cu productivitate ridicată.

8.3.6. Metode noi pentru îmbunătăţirea gradului de îndesare la formarea mecanică

La îndesarea formelor prin presare în afara eforturilor verticale de îndesare apar eforturi laterale care provoacă frecări al amestecului de formare şi pereţii ramei consumîndu-se o parte din travaliul de presare. Consecinţa acestui fenomen este scăderea gradului de îndesare pe înălţimea formei. Indesarea maximă se constată la partea superioară iar în vecinătatea plăcii model unde ar trebui să fie o îndesare mai puternică se obţine un grad de îndesare mai mic.

Datorită repartiţiei neuniforme a îndesării pe înălţime, metoda îndesării prin presare se aplică la forme de dimensiuni mici şi înălţimi care nu depăşesc 150-200 mm. Pentru îmbunătăţirea gradului de îndesare a formelor obţinute prin presare se poate aplica metoda vibropresării sau metoda îndesării prin presare la presiuni ridicate.

Vibropresarea este o metodă de îndesare a formelor la care sistemul placă-model-ramă-amestec sub efectul unei forţe de excitaţie periodice este adus în stare de oscilaţie cu frecvenţă şi amplitudine mică. Energia vibraţiilor realizează micşorarea frecărilor între granulele de nisip (cu cca.25-30%) şi astfel este posibilă mărirea gradului de îndesare şi scurtarea operaţiilor de executare a formelor.

Indesarea la presiuni ridicate. Metoda foloseşte în locul presiunilor normale de îndesare (2-2,5 daN/cm^2) presiuni

mai ridicate de ordinul 2o-3o daN/cm^2 obtinute cu ajutorul mașinilor de format cu acțiune hidraulică sau cu ajutorul mașinilor cu acțiune combinată; hidraulică cu mecanism de multiplicare a forței.

Prin această metodă se realizează un grad mai ridicat de îndesare și o uniformizare a gradului de îndesare pe înălțimea formei, iar dacă se combină și cu vibrații se asigură în grad de îndesare aproape constant pe toată înălțimea formei.

Indesarea formelor la presiuni ridicate permite obținerea pieselor turnate cu precizie dimensională mărită și în același timp asigură și o calitate superioară a suprafețelor pieselor turnate.

Datorită progreselor realizate actualmente metoda poate fi folosită la forme de dimensiuni de ordinul 3ooox2ooox5oo mm ceea ce nu se poate realiza la presarea simplă.

In cazul <u>îndesării prin scuturare</u> spre deosebire de îndesarea prin presare îndesarea are loc treptat, după un număr oarecare de lovituri. S-a constatat practic că prima lovitură provoacă cea mai puternică îndesare.

Odată cu creșterea numărului de lovituri, efectul de îndesare scade. De asemenea efectul îndesării scade și pe înălțimea formei.

Pentru uniformizarea gradului de îndesare pe înălțimea formei se folosesc următoarele procedee:

a - îndesarea suplimentară cu ajutorul bătătoarelor manuale sau pneumatice, aplicată formelor mai mari de looox8oo mm.

b - așezarea unor plăci de fontă peste formă în interiorul ramei care exercită o apăsare suplimentară.

c - presarea suplimentară a formei după scuturare, procedeu aplicat la ramele mici pînă [illegible] ooox8oo mm.

Scanned with OKEN Scanner

8.3.7. Consideratii generale asupra executării mecanice a formelor

Maşinile de format folosite în turnătoriile mecanizate asigură faţă de formarea manuală a serie de avantaje cum sînt:

- realizează îndesarea formelor mai uniform;
- precizia dimensională a pieselor turnate creşte;
- diferite operaţii auxiliare ca: dozarea amestecului de formare, scoaterea modelului, sînt mecanizate;
- nu necesită muncitori de înaltă calificare.

La formarea mecanică forma inferioară şi cea superioară se execută la maşini de formare diferite, de obicei alăturate. In primul rînd se execută forma inferioară în care se montează miezurile, după care se execută forma superioară, care se aşază direct peste forma inferioară, forma astfel fiind gata pentru turnare.

8.4. Confectionarea formelor semipermanente

Formele semipermanente se folosesc la turnări repetate, cu reparaţii efectuate după fiecare turnare. Formele semipermanente se folosesc uneori la turnarea pieselor mari de serie mijlocie, care au forme de revoluţie cum sînt de exemplu: cazane pentru topirea sodei, capace de cilindru, oale de dezargintare etc. De obicei formele semipermanente se confecţionează din zidărie căptuşită cu un strat de argilă. In fig. 8.29 se prezintă spre exemplificare principiul formării cu şablon a formelor semipermanente.

Operaţia de formare se execută repede şi constă numai prin şablonarea stratului de argilă care căptuşeşte forma semipermanentă de zidărie. Forma se usucă.

Scanned with OKEN Scanner

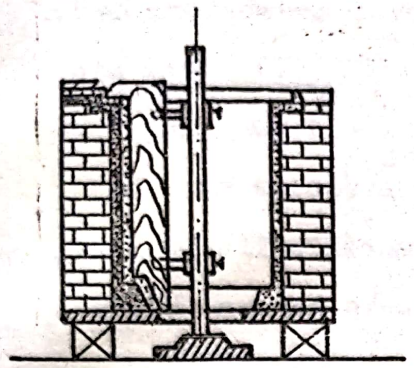


Fig. 8.29
Formarea cu şablon a formelor semipermanente

Observaţie: Confecţionarea şi turnarea în forme permanente sînt prezentate în cap.8.13 " Metode speciale de formare şi turnare".

8.5. Executarea miezurilor

Miezurile fiind corpuri cu ajutorul cărora se obţin golurile interioare ale pieselor turnate, în timpul turnării sînt supuse unor solicitări termice şi mecanice mult mai mari decît formele de turnare, deoarece sînt înconjurate din toate părţile de metal lichid. Astfel,fiind sprijinite numai în anumite puncte (prin mărci) solicitările de încovoiere, forfecare etc., în timpul turnării sînt foarte mari.

De asemenea sînt puternic solicitate la compresiune în timpul contracţiei pieselor turnate trebuind să cedeze ca să nu provoace crăparea acestora. Trebuie să aibă o permeabilitate ridicată la gaze pentru a putea evacua gazele primite în timpul turnării prin mărci etc.

Deci pentru a-şi putea îndeplini rolul în formă miezurile trebuie să prezinte următoarele proprietăţi principale:

- o rezistenţă mecanică mult mai mare ca la materialul formelor;
- permeabilitate ridicată;
- refractaritate superioară;
- compresibilitate suficientă;
- o capacitate bună de dezbatere, adică pe cît este posibil liantul să ardă la turnare, pentru a facilita dezbaterea miezului.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru obţinerea acestor proprietăţi la nivelul cerinţelor pentru executarea miezurilor se folosesc amestecuri de formare cu proprietăţi ridicate numite amestecuri de miez. Miezurile mici şi mijlocii se execută din amestecuri cu lianţi organici sau anorganici, caracterizaţi prin rezistenţă mare în stare uscată, permeabilitate ridicată şi compresibilitate mare. Prin faptul că aceşti lianţi se carbonizează la turnare miezurile de acest fel se dezbat uşor.

Pentru mărirea rezistenţei mecanice marea majoritate a miezurilor se întăresc prin introducerea în interiorul lor de armături metalice turnate sau confecţionate din sîrmă de oţel. Armăturile trebuiesc în aşa fel aşezate, încît să le asigure rezistenţa la manipulare şi la eforturile datorate presiunii metalului, însă să nu opună rezistenţă la contracţia piesei după turnare.

Pentru îmbunătăţirea permeabilităţii şi pentru dirijarea gazelor spre mărci se fac canale de ventilaţie cu ajutorul unor vergele metalice sau prin înţepare cu acul. Plasarea acestor canale de ventilaţie trebuie să urmărească întotdeauna obţinerea drumului celui mai scurt pentru evacuarea gazelor (fig. 8.30).

Uneori configuraţia miezului nu permite o simplă înţepare şi atunci se folosesc lumînările (şnur) de ceară sau parafină, fig. 8.31.

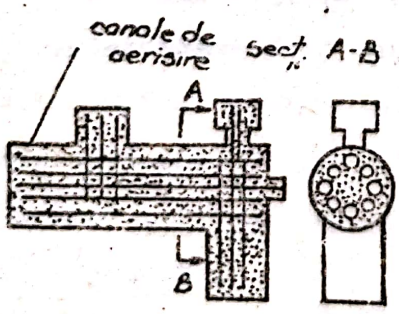


Fig. 8.30.

In timpul uscării lumînarea arde şi rămîne un canal de ventilaţie continuu legat de mărcile miezului.

Mărirea premeabili-

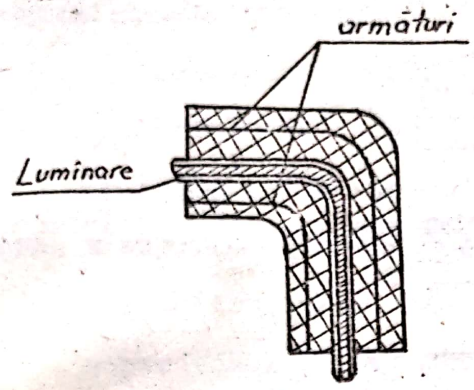


Fig. 8.31

tăţii, compresibilităţii şi uşurarea dezbaterii se mai poate realiza prin adăugarea în amestecul pentru miezuri a unor materiale capabile să ardă în timpul turnării ca de exemplu: rumeguş de lemn şi pleavă, făină de lemn, paie tocate etc. Pentru executarea miezurilor se folosesc cutii de miez formate din una sau mai multe bucăţi care se pot asambla. Ele trebuie să permită extragerea miezului fără a se deteriora. Miezurile se pot executa manual sau mecanic.

8.5.1. Executarea manuală a miezurilor

La executarea manuală a miezurilor, închiderea, deschiderea cutiei de miez şi îndesarea amestecului de miez se face manual cu ajutorul bătătorului. Pentru exemplificare în fig. 8.32 se arată schematic o cutie de miez din două bucăţi şi modul de execuţie al miezului, aşezarea armăturilor, modul de aerisire al miezului şi demularea. De obicei, amestecul de miez se îndeasă separat în cele două jumătăţi de cutie, se netezeşte suprafaţa se aşază armătura metalică şi vergelele de metal (sau şnurul de ceară) pentru canalele de aerisire, suprafaţa se unge cu o pastă de argilă şi prin închiderea cutiei se lipesc jumătăţile miezului. In zona mărcilor se mai completează cu amestec pînă cînd cutia se umple bine, se scot vergelele pentru formarea canalelor de aerisire, se desface cutia cu mare atenţie şi miezul, care deocamdată este foarte fragil, se aşază pe un pat moale de

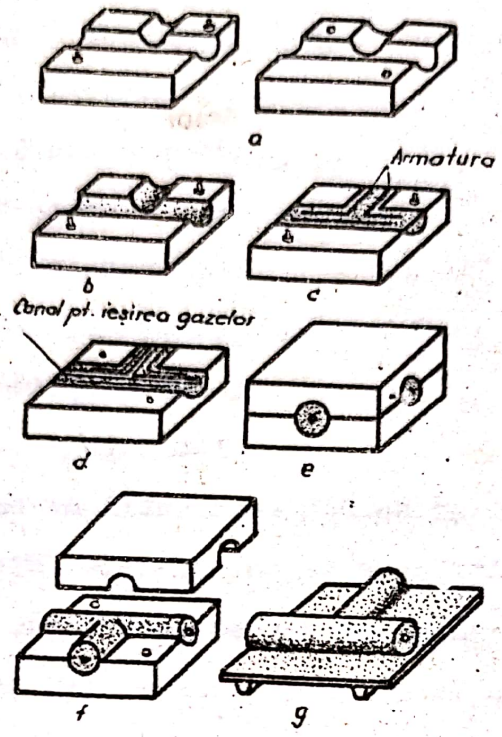


Fig. 8.32

a-semicutii de miez; b-umplerea cu amestec a cutiei inferioare; c-aşezarea armăturilor în cutia inferioară; d-aşezarea armăturilor şi executarea canalelor de aerisire în cutia superioara; e-asamblarea semicutiilor; f-demularea miezului; g-aşezarea miezului pe placa de uscare cu pat de nisip.

uscare pe un strat subţire de nisip, sau pe o placă de uscare profilată, cu negativul conturului miezului. Urmează introducerea în cuptorul de uscare. După o uscare preliminară miezurile se vopsesc cu un amestec refractar pentru evitarea aderării de metal şi apoi urmează uscarea definitivă.

38. 8.5.2. Executarea mecanică a miezurilor

Se foloseşte în acest scop maşini de formare manuale la care numai scoaterea miezului din cutie este mecanizată, maşini de format prin scuturare, scuturare şi presare care din punct

de vedere constructiv nu se deosebesc de mașinile care se folosesc la îndesarea formelor și care au fost prezentate la cap.8.3.5 "Formarea mecanizată".

In turnătoriile moderne, procedeele de bază pentru îndesarea miezurilor sînt:

- procedeul prin suflare, și
- procedeul prin împușcare.

Procedeul prin suflare constă în îndesarea granulelor de amestec prin antrenarea lor de către un curent de aer comprimat la 4-6 at. Schema de principiu a unei mașini de suflat este prezentată în fig. 8.33. Mașina constă dintr-un rezervor 1 umplut periodic cu amestec de formare. Cutia de miez 2 este apăsată de jos pe fundul rezervorului. Aerul comprimat introdus în rezervor traversează spațiile intergranulare ale stratului de amestec antrenează particulele acestuia și pătrunde în cutia de miez 2. In acest fel are loc o amestecare intensă a aerului cu amestecul din recipient. Aerul comprimat la acest procedeu este în același timp agent de transport și de îndesare. Aerul preexistent din cutia de miez și cel suflat pentru antrenarea amestecului se evacuiază prin orificiile 3 prevăzute cu o plasă deasă sau cu pastile cu canale avînd lățimea între 0,15 - 0,20 mm , mai mică decît dimensiunea granulelor medii de nisip învelit cu liant. Aerul comprimat trecînd prin stratul de amestec din cutia de miez efectuează îndesarea acestuia.

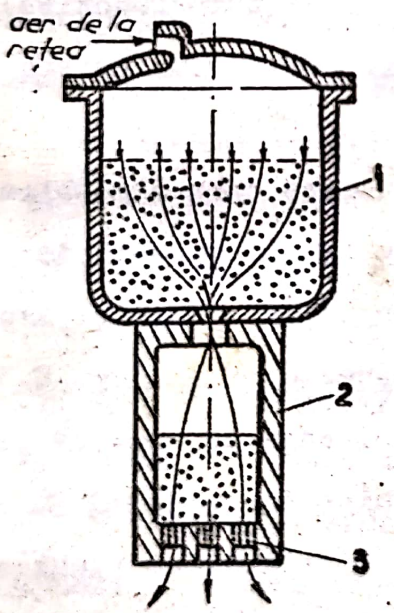


Fig. 8.33

CURSUL NR 13

Procedeul prin împuscare . Maşinile de formare şi miezuire prin împuşcare constituie un pas înainte în direcţia măririi productivităţii muncii, fiind superioare din acest punct de vedere maşinilor de suflat datorită ciclului foarte scurt al procesului de îndesare (cca. o,65 sec.) precum şi posibilităţilor de a include aceste maşini în cadrul unor linii mecanizate sau automatizate. Odată cu apariţia maşinilor de formare prin împuşcare, procedee moderne de formare cum ar fi formarea cu amestecuri întărite pe cale chimică, care la maşinile prin suflare, nu puteau fi aplicate, din cauza amestecului intim de aer-amestec pe care-l impune principiul lor de funcţionare, au putut fi efectuate mecanizat. Principiul de funcţionare a acestor maşini permite de asemenea îndesarea în cutii de miez sau în forme şi a amestecurilor cu plasticitate ridicată (amestecuri de formare sau de miezuri în stare umedă cu lianţi răşini termoreactive) care în cazul procedeului de îndesare prin suflare nu puteau fi utilizate.

La îndesarea miezurilor prin împuşcare spre deosebire de suflare, nu are loc o amestecare între aer şi amestec de miez. Principiul de funcţionare a acestor maşini poate fi explicat pe baza schemei maşinii de împuşcat prezentat în fig. 8.34.

Maşina are o cameră de împuşcare 1 care se încarcă periodic cu amestec de formare sau de miezuire din silozul 9. In camera de împuşcare este amplasat cu joc cilindrul de împuşcare 2 care ere o serie de fante verticale 3 şi orizontale 4. Fantele verticale au rolul de a permite aerului comprimat să preseze asupra perimetrului coloanei de amestec din cilindrul de împuşcare, reducînd astfel frecarea amestecului de perete. Fantele orizontale permit pătrunderea aerului comprimat deasupra coloanei de amestec în vederea "împuşcării" acesteia prin capul de

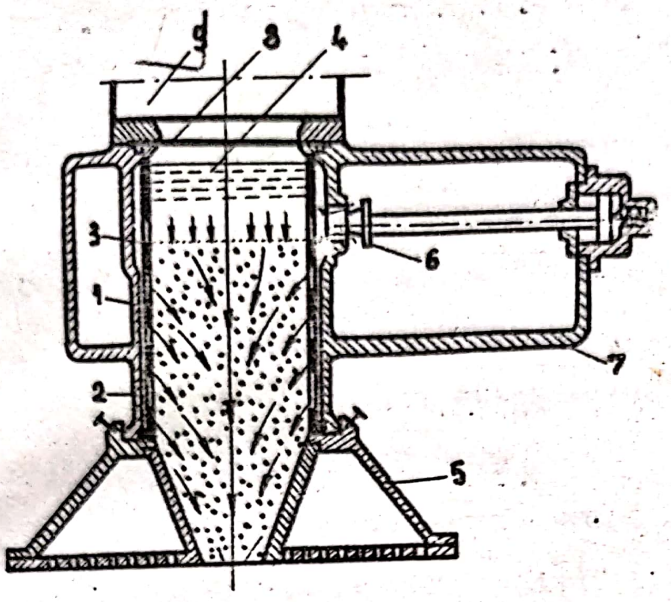


Fig. 8.34
Schema de principiu a maşinii de împuşcare.

împuşcare 5, în cutia de miez sau în formă. Etanşarea camerei de împuşcare de silozul cu amestec se face cu ajutorul şubărului 8.

Maşina funcţionează în felul următor: aerul comprimat din rezervorul 7 intră prin orificiul supapei cu acţiune rapidă 6, direct în camera de împuşcare 1. Creşterea instantanee a presiunii aerului în cilindrul de împuşcare duce la o explozie de forţă mică şi are ca urmare introducerea în cutia de miez a unei cantităţi cu amestec. Aerul aflat în cutia de miez este evacuat prin orificiile de ventilare existente în placa capului de împuşcare sau prin orificiile de ventilare practicate în acest scop în cutie. Aerul intrat în cilindrul de împuşcare este evacuat cu ajutorul unei supape de evacuare, care intră în funcţiune instantaneu odată cu închiderea supapei de admisie. Cutia de miez este strînsă de capul de împuşcare cu ajutorul unor mecanisme speciale de strîngere. In ce priveşte gradul de îndesare pe înălţimea cutiei, ea este mai uniformă decît la maşinile de suflat.

Indesarea amestecului de miez prin împuşcare se pretează foarte bine la obţinerea miezurilor complicate faţă de suflare care se aplică în special la miezuri simple şi în general cilindrice.

8.6. Uscarea formelor și miezurilor

Această operație se execută în scopul măririi rezistenței mecanice și a permeabilității formelor și în special a miezurilor, pentru a micșora capacitatea amestecului de a produce gaze în timpul turnării. In ce privește formele uscarea lor nu este aplicată întotdeauna, multe piese fiind turnate în forme crude. Formele uscate se folosesc uneori la turnarea pieselor de oțel. La turnarea în forme crude (neuscate) trebuie folosit un amestec de calitate superioară care este îndesat mai puternic. Miezurile în schimb sînt folosite aproape exclusiv în stare uscată. Miezurile în stare crudă au o rezistență mecanică foarte scăzută, care nu permite manipularea lor, în plus au un conținut destul de mare de apă (2-6%) datorită căreia în timpul turnării se produc degajări puternice de vapori de apă care pot provoca sufluri. Din cele arătate rezultă că la miezuri operația de uscare este obligatorie.

Procesul de uscare are un caracter lent treptat. In prima etapă miezul se încălzește încet pînă la circa 100°C pentru eliminarea treptată a apei și încălzirea uniformă a întregului volum, apoi se ridică temperatura pînă la limita admisă de liantul folosit. Dacă se depășește limita admisă liantul își pierde proprietățile specifice și miezurile își pierd rezistența.

Pentru uscarea miezurilor și formelor se folosesc diferite utilaje cum sînt:

a - <u>uscătoarele mobile</u> , se utilizează la uscarea formelor mari sau a celor executate în solul turnătoriei. Ele pot să fie uscătoare cu ventilator sau cu aer comprimat sau uscătoare electrice.

Uscătorul cu ventilator are un grătar, pe care arde combustibil solid şi un sistem de dirijare (ţevi) a gazelor de ardere care pătrund în interiorul formei şi le usucă iar apoi sînt evacuate prin răsuflătorile formei.

b - uscătoarele cu funcţionare intermitentă , mai des întîlnite sînt cuptoarele tip cameră cu funcţionare discontinuă. Se utilizează pentru uscarea miezurilor mai mari şi a formelor care sînt aşezate pe un vagonet şi introduse în interiorul cuptorului. Combustibilii folosiţi pot fi solizi, lichizi sau gazoşi. Pentru uscarea miezurilor mici şi cantităţi reduse se folosesc uscătoare cu acţiune discontinuă, cunoscute sub denumirea de cuptoare-dulap , în care miezurile se aşază pe nişte etajere unde se produce uscarea lor. In interiorul uscătoarelor se creează o circulaţie forţată de aer cald, care să îndepărteze continuu vaporii de apă formaţi în timpul uscării, deoarece altfel procesul de uscare se încetineşte sau chiar se întrerupe.

c - uscătoarele cu funcţionare continuă , se folosesc la uscarea miezurilor mici şi mijlocii. Sînt cuptoare de mare productivitate, au un consum redus de combustibil, realizează o uniformitate foarte bună a uscării. Sînt utilizate în turnătoriile mari, moderne, cu producţie în serie.

Aceste cuptoare de uscare se execută în două variante:

- verticale, şi
- orizontale .

In fig. 8.35 se prezintă schema unui uscător vertical. Sînt utilizate mai ales pentru uscarea miezurilor. Combustibilul lichid şi aerul de la un ventilator sînt aduşi în focarul situat în centrul uscătorului unde are loc arderea. Cu ajutorul unor ecrane de tablă gazele sînt dirijate în aşa fel în cuptor încît ele să ajungă treptat în contact cu miezurile şi

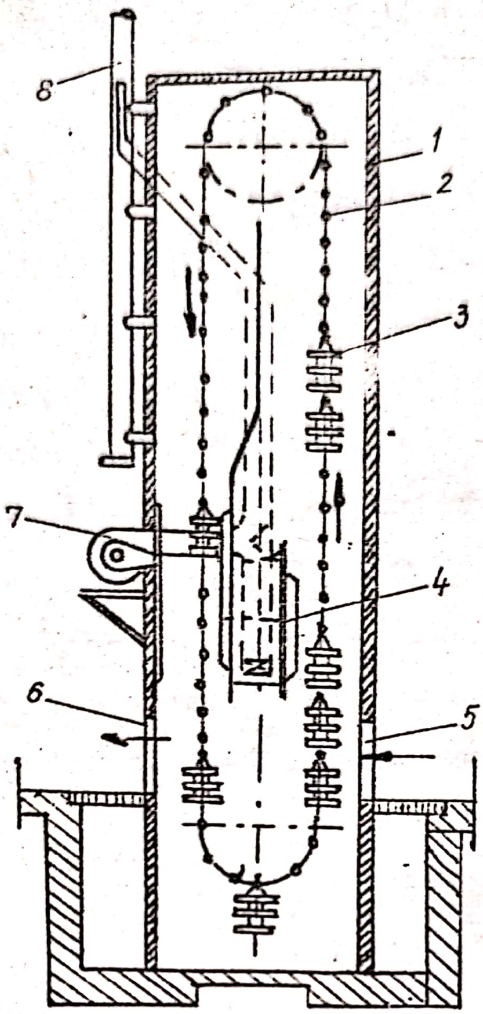


Fig. 8.35

Schema uscătorului vertical

1-carcasa uscătorului din tablă de oţel; 2-transportor cu lanţ; 3-etajere; 4-focar; 5-uşă de încărcare; 6-uşă pentru evacuarea miezurilor uscate; 7-ventilator; 8-coşul cuptorului.

căldura cea mai mare să predomine în partea de sus a uscătorului.

- uscătoarele cu funcţionare continuă orizontale sînt camere tunel cu lungime mare, în interiorul cărora se deplasează o bandă rulantă sau un conveier pe care sînt aşezate formele şi miezurile.

In ultimul timp pentru uscarea miezurilor se folosesc din ce în ce mai frecvent noi tipuri de uscătoare ca: uscătoare

cu rezistenţă electrică, cu raze infraroşii, cu curenţi de înaltă frecvenţă. Aceste uscătoare asigură o uscare mai rapidă şi mai uniformă decît cele cu gaze de ardere, oferă în acelaşi timp condiţii de lucru mai igienice. Aceste instalaţii în schimb sînt mai scumpe şi preţul uscării mai ridicat.

8.7. Elaborarea şi proprietăţile metalelor şi aliajelor utilizate la turnarea pieselor

8.7.1. Generalităţi

Elaborarea aliajelor destinate turnării pieselor este un proces complex prin care se caută să se asigure materialelor turnate anumite proprietăţi care nu pot fi obţinute direct prin elaborarea metalelor şi aliajelor din minereuri (metale şi aliaje de primă fuziune). Pentru turnarea pieselor se utilizează metale şi aliaje de a doua fuziune, elaborate prin topirea metalelor şi aliajelor de primă fuziune şi din deşeuri (piese vechi, rebuturi, reţele de turnare etc).

In general toate metalele şi aliajele se pot turna, făcînd excepţie metalele şi aliajele cu temperaturi de topire foarte ridicate (wolframul, molibdenul etc).

In mod curent pe scară industrială la turnarea pieselor se folosesc diferite aliaje feroase sau neferoase. Cel mai frecvent în acest scop sînt folosite fontele (fontele cenuşii modificate, maleabile etc), urmînd apoi în ordine: oţelurile de turnătorie, aliajele aluminiului, cuprului, magneziului, zincului, staniului şi plumbului.

Foarte rar, se toarnă în piese metale pure, din cauza caracteristicilor mecanice scăzute ale acestora.

Obţinerea unor piese turnate de calitate superioară depinde de o serie de factori fizico-chimici, care influenţează

atît tehnologia turnării cît şi proprietăţile produselor obţinute.

Cei mai importanţi dintre aceşti factori sînt:

- Temperatura de topire. La metalele pure este o constantă caracteristică şi variază de la metal la metal. In cazul aliajelor în general topirea se produce într-un interval de temperatură cuprins între lichidus şi solidus. Ea determină tipurile de cuptoare în care pot fi topite metalele sau aliajele respective. Cu cît temperatura de topire este mai ridicată cu atît apar mai multe dificultăţi la elaborarea aliajelor destinate turnării pieselor.

- Căldura specifică şi căldura de topire, dacă sînt mari, duc la un consum ridicat de energie în agregatul de topire şi la prelungirea timpului necesar pentru încălzirea încărcăturii pînă la topire şi topirea propriu-zisă.

- Temperatura de turnare este o temperatură superioară temperaturii de topire, pentru a asigura umplerea formei înainte ca metalul sau aliajul să înceapă să se solidifice. Printr-o supraîncălzire mai puternică a aliajelor în cuptoarele de topire (cu 100 ... 300°C peste temperatura de topire) metodă aplicată în anumite cazuri, centrele de cristalizare se dizolvă şi la răcire ulterioară se obţine o structură fină cu proprietăţi mecanice îmbunătăţite, de asemenea se măreşte fluiditatea metalelor, dar creşte afinitatea de dizolvare a gazelor. Pentru turnare există un interval optim de temperatură care asigură cele mai bune rezultate. Temperatura optimă de turnare se stabileşte de la caz la caz în funcţie de specificul pieselor care se toarnă şi de durata turnării.

- Reactivitatea fizică şi chimică a aliajelor. In timpul elaborării şi a turnării, aliajele vin în contact cu gazele din atmosfera cuptorului, cu aerul din hala de turnare,

Scanned with OKEN Scanner

cu materialul căptuşelei refractare a cuptorului de topire şi a oalelor de turnare, cu zgura şi cu materialul formelor în care se toarnă. In urma reacţiilor ce pot avea loc se modifică compoziţia chimică a aliajelor, se pot include incluziuni nemetalice ca: oxizi, nitruri, carburi etc. şi astfel caracteristicile aliajului se pot modifica. De asemenea aliajele avînd o anumită afinitate pentru dizolvarea de gaze cu care vin în contact (O_2,CO_2,H_2O,H_2,N_2), acestea pot intra în masa metalică fie prin dizolvare sau adsorbţie, fie prin reacţii chimice cu metalul lichid, fie sub forma unor bule de gaz, pătrunse din afară sau formate în interiorul metalului. Indiferent de proveniența gazelor, acestea sînt dăunătoare proprietăţilor mecanice ale aliajelor.

- Viteza de răcire, influenţează structura pieselor după solidificare. In general cu cît viteza de răcire este mai mare cu atît structura pieselor este mai fină şi caracteristicile mecanice mai ridicate. Menţionăm că viteza de răcire este mult mai mare la turnarea în forme permanente decît la turnarea în forme temporare.

- Fluiditatea este proprietatea metalelor sau aliajelor topite de a umple forma de turnare. Fluiditatea scăzută poate provoca o serie de defecte legate de neumplerea formelor. Fluiditatea creşte cu temperatura şi este în funcţie de compoziţia chimică a aliajului. In general aliajele care au un interval mai larg de solidificare au o fluiditate mai scăzută decît cele eutectice. In turnătorii fluiditatea se determină de obicei prin proba tehnologică de fluiditate folosind spirala de fluiditate. (Vezi Indrumar de laborator de Tehnologia materialelor pentru Fac. de textile).

In afară de temperatura aliajului şi de compoziţia

chimică fluiditatea depinde şi de o serie de alţi factori ca:

- temperatura formei,
- forma şi dimensiunile pieselor turnate,
- calitatea suprafeţelor formelor,
- vîscozitatea metalului topit care este influenţată de temperatura aliajului şi structura lui. Pentru umplerea într-un timp cît mai scurt a formei este de dorit ca aliajele turnate să aibă o vîscozitate cît mai redusă.
- tensiunea superficială, de care depinde comportarea metalului faţă de suprafaţa formei sau a miezului.(Fenomenul de umectare al peretelui formei de către metalul topit). Tensiunea superficială are o mare influenţă asupra curgerii metalului în formă şi asupra unor procese ce au loc în interiorul aliajului.

(X) - Contracţia de solidificare şi cea din timpul răcirii, influenţează în mare măsură posibilitatea obţinerii unor piese turnate cu forma şi dimensiunile dorite. Ea reprezintă diferenţa dimensională volumetrică sau liniară dintre cavitatea formei şi piesa turnată, ajunsă la temperatura obişnuită. Contracţia are valori diferite în funcţie de metalul sau aliajul din care sînt turnate piesele. Astfel de exemplu, fonta cenuşie are o contracţie de circa 1%, oţelul şi fontele maleabile au contracţia dublă 1,8 - 2% . O contracţie mare duce la apariţia retasurilor de contracţie, a porozităţilor etc. Tot datorită contracţiei apar în piesele cu secţiuni variabile tensiuni mari care pot duce la deformarea acestora sau la apariţia crăpăturilor.

La piesele turnate fără miezuri, contracţia se produce liber, pe cînd la cele cu miezuri contracţia este frînată. Pentru evitarea retasurilor (golurile) în interiorul pieselor

turnate în special la metale şi aliaje cu contracţie mare se utilizează maselotele.

- Segregaţia este neomogenitatea compoziţiei chimice în diferitele părţi ale piesei turnate, rezultată în timpul solidificării acesteia. Pentru înlăturarea segregaţiei se recomandă o răcire rapidă în intervalul de solidificare urmată apoi de o răcire lentă pentru difuziunea de omogenizare şi pentru eliminarea tensiunilor interne. Uneori se aplică pieselor turnate şi un tratament termic de recoacere de omogenizare.

8.7.2. Turnarea metalului în forme

Pentru obţinerea pieselor turnate metalul lichid trebuie să fie introdus pe o cale oarecare în cavitatea formei şi să asigure umplerea ei completă. Umplerea formei se face prin intermediul unui sistem de canale executate în formă, care se numeşte reţeaua de turnare.

Rolurile principale ale reţelei de turnare sînt:

- alimentarea liniştită, uniformă, continuă si într-un timp cît mai scurt cu metal lichid a cavităţii formei.

- reţinerea zgurei şi a impurităţilor care ar putea pătrunde împreună cu metalul lichid turnat în formă.

- alimentarea cu metal lichid a piesei turnate în timpul solidificării împiedicînd formarea retasurilor şi golurilor în piesă.

- reglarea fenomenelor termice la solidificarea şi răcirea piesei turnate.

In scopul realizării economiei de metal, greutatea reţelei de turnare trebuie să fie cît mai mică.

Alegerea tipului just şi a dimensiunilor reţelei de turnare, precum şi a locului cel mai indicat pentru aducerea metalului în formă, exercită o influenţă mare asupra calităţii

Scanned with OKEN Scanner

şi asupra preţului de cost de executare a pieselor turnate.

Elementele reţelei de turnare. O reţea de turnare obişnuită cu elementele corespunzătoare este prezentată schematic în fig. 8.36.

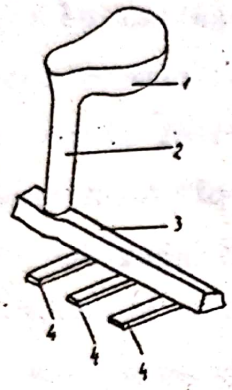


Fig.8.36
Reţea obişnuită de turnare
1-pîlnie sau cupă de turnare care primeşte metalul lichid;
2-piciorul pîlniei sau picior de turnare;
3-canalul colector de zgură;
4-canalele de alimentare (alimentatori).

Uneori îndeosebi la turnarea fontei pentru a evita pătrunderea zgurii în formă în reţeaua de turnare se montează şi un filtru de zgură executat din material refractar. Filtrul se plasează fie în pîlnia de turnare, (fig.8.37.a), fie la baza piciorului pîlniei (fig.8.37.b).

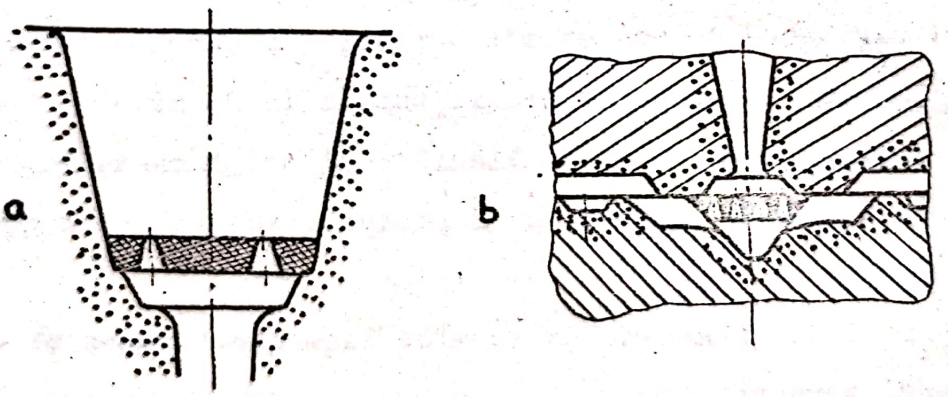


Fig. 8.37
Filtre de zgură.

Canalul colector de zgură se execută în forma superioară deasupra planului de separaţie şi are o secţiune trapezoi-

dală. Zgura fiind mai uşoară se ridică la partea superioară a acestui canal şi rămîne reţinută aici. Metalul lichid trece mai departe spre piesă prin canalele de alimentare care sînt plasate la partea inferioară a canalului colector. Pentru ca zgura reţinută în canalul colector să nu pătrundă în piesă, în tot timpul turnării reţeaua de turnare trebuie să fie plină cu metal topit şi nu se admite întreruperea jetului de metal topit care intră din oala de transport în pîlnia de turnare a formei.

In acest sens la turnarea fontei cenuşii se prescrie ca secţiunea totală a canalelor de alimentare (Sa) să fie mai mică decît secţiunea canalului colector (Sc) şi care la rîndul ei trebuie să fie mai mică decît secţiunea piciorului pîlniei de turnare (Sp).

In funcţie de plasarea canalelor de alimentare la turnarea pieselor, deosebim trei sisteme principale de turnare:

a - turnarea directă la care alimentarea cu metal a cavităţii formei se face pe la partea superioară (8.38.a) ;

b - turnarea cu alimentare laterală (sau turnare cu atacul la mijlocul piesei), (fig.8.38.b) simplă sau în etaje, folosită la turnarea pieselor de înălţime mare şi în general este metoda cea mai utilizată;

c - turnarea prin sifon (prin izvorîre sau indirectă), (fig.8.38.c), alimentarea efectuîndu-se pe la partea inferioară a piesei. Se aplică la turnarea pieselor de înălţime mare.

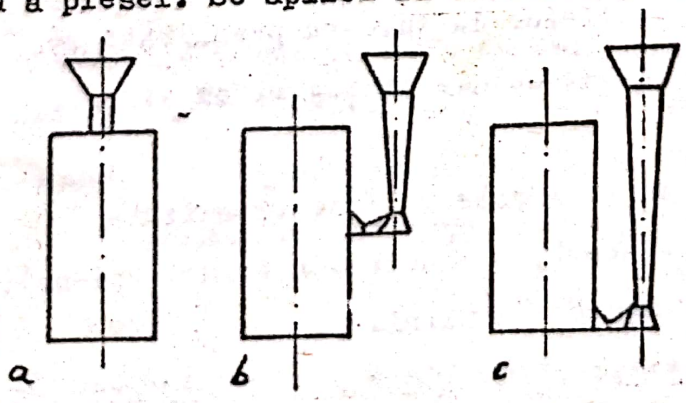


Fig. 8.38
Sisteme de turnare

In fig. 8.39 sînt prezentate diverse variante de reţele de turnare pentru introducerea metalului lichid în forme.

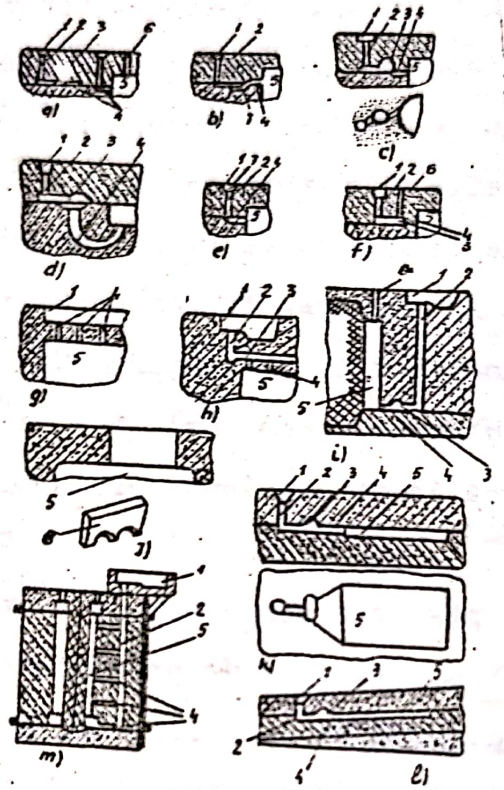


Fig. 8.39

Diferite variante de reţele de turnare

a-b reţea obişnuită; c-reţea cu separator de zgură centrifugal; d-reţea de turnare prin izvorîre; e-reţea cu filtru de zgură; f-reţea cu separator de zgură şi răsuflătoare; g-reţea în ploaie; h-reţea cu alimentare în partea superioară a piesei; i-reţea în sifon; j-reţea în pană; k-reţea cu alimentator "placă"; l-reţea pentru turnare de plăci; m-reţea cu alimentatori etajaţi.

La toate variantele reţelelor de turnare prezentate se observă o serie de elemente comune notate pe figuri cu cifrele 1 .. 8 , cum sînt:

1-pîlnie de turnare, 2-picior de turnare, 3-distribuitor-separator de zgură, 4-alimentatori, 5-cavitatea formei (piesa), 6-răsuflătoare, 7-filtru de zgură, 8-pîlnie pană.

8.7.3. Calculul reţelelor de turnare

In calculul reţelelor de turnare trebuiesc rezolvate două probleme:

- calcularea secţiunii alimentatorilor adică locul situat al reţelei, şi

- determinarea secţiunilor celorlalte elemente al reţelei.

Calculul reţelelor se face în mod diferit funcţie de calitatea metalului turnat.

Calculul reţelei de turnare pentru turnare din fontă cenusie. Calculul secţiunii alimentatorilor

Debitul de metal Q_o care trece într-un timp dat z printr-un canal cu secţiunea S_1, cu viteza v_1 este dat de relaţia

$$Q_o = \gamma \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot z$$

Inlocuind în această relaţie viteza prin valoarea ei:

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p}$$

în care, H_p este presiunea hidrostatică calculată, se obţine relaţia:

$$Q_o = \gamma \cdot S_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_p} \cdot z$$

Deoarece la scurgerea unei vîne de metal lichid aceasta are o contracţie (coeficientul de contracţie fiind α) relaţia de mai sus se foloseşte la dimensionarea reţelei de turnare cu anumite corecţii. Astfel în loc de secţiunea S_1 se va lua în consideraţie o secţiune S corectată:

$$S = \alpha S_1$$

De asemenea viteza reală de scurgere a metalului va fi mai

mică decît cea teoretică din cauza pierderilor prin frecare şi va fi corectată cu coeficientul φ subunitar, deci

$$v = \varphi v_1$$

Astfel cantitatea reală de lichid Q care se scurge într-un interval de timp z, este mai mică decît cea teoretică:

$$Q = \alpha . \varphi . Q_o = \mu . Q_o$$

μ este un coeficient de <u>rezistentă la umplere</u> şi depinde de următorii factori:

- compoziţia chimică a aliajului
- temperatura de turnare
- fluiditatea aliajului
- starea suprafeţei canalului de scurgere
- forma piesei
- permeabilitatea formei etc.

Inlocuind valoarea lui Q_o obţinem $Q = \mu . \delta . S . z \sqrt{2g . H_p}$

Dacă se notează $\delta \sqrt{2g} = \beta$ şi considerînd că β are valoarea constantă pentru un aliaj dat se obţine:

$$Q = \mu . \beta . S . z \sqrt{H_p}$$

In acest caz, secţiunea canalelor de alimentare se calculează cu relaţia

$$S_a = \frac{Q}{z} \cdot \frac{1}{\mu . \beta . \sqrt{H_p}} \quad .. \quad [cm^2]$$

Valorile lui μ sînt totdeauna mai mici decît unitatea. Astfel: pentru piese din fontă μ = 0,42 între (0,27-0,55); pentru piese din oţel μ = 0,35 între (0,30-0,41); pentru aliaje neferoase μ = 0,65 între (0,60-0,70)....

Pentru coeficientul β se iau următoarele valori:

- pentru fontă şi oţel $\beta = 0,31$;
- pentru bronzuri $\beta = 0,33$;
- pentru aluminiu $\beta = 0,10$.

Pentru determinarea presiunii hidrostatice calculată se utilizează relaţia:

$$H_p = \frac{2H_o H - H_2^2}{2H}$$

în care: H_o - presiunea iniţială, măsurată prin înălţimea piciorului de turnare în [cm]. H_2 - înălţimea punctului celui mai înalt al piesei sau formei deasupra nivelului alimentatorului în [cm] ; H - înălţimea maximă a piesei în [cm] .

Timpul de turnare z se determină cu o relaţie dată de Dietert:

$$z = s. \sqrt{Q}$$

în care: Q este greutatea piesei, iar s - coeficientul care depinde de grosimea pereţilor pieselor ($s=1,6-2,2$). Astfel se obţine:

$$S_a = \frac{Q}{s \sqrt{Q}} \cdot \frac{1}{\mu . \beta \sqrt{H_p}}$$

Inmulţind numitorul şi numărătorul cu $\sqrt{Q}$ şi notînd $\frac{1}{s . \mu . \beta} = X$ se obţine relaţia :

$$S_a = \frac{X . \sqrt{Q}}{\sqrt{H_p}} \quad . \; . \; . \; [cm^2]$$

Coeficientul X depinde de grosimea pereţilor piesei turnate şi are următoarele valori:

$X = 5,8$ pentru piese cu grosimi de perete 3-4 mm

$X = 4,9$ pentru piese cu grosimi de perete 5-8 mm

$X = 4,3$ pentru piese cu grosimi de perete 8-15 mm

Din cele de mai sus rezultă că cu cît piesa are pereţii mai groşi cu atît secţiunea alimentatorilor trebuie să fie mai mică.

Cunoscînd secţiunea totală a canalelor de alimentare se calculează celelalte elemente ale reţelei pornind de la criteriul menţinerii sistemului închis, adică secţiunile canalelor de turnare şi ale piciorului trebuie să fie mai mari decît ale alimentatorilor.

Relaţia generală care satisface această condiţie este:

$$S_p > \alpha \cdot S_c > \alpha' \cdot S_a$$

în care:

S_p - secţiunea minimă a piciorului,

S_c - secţiunea minimă a canalului de turnare,

S_a - secţiunea minimă a alimentatorilor şi

α şi α' - coeficienţi.

Dacă se ia secţiunea alimentatorilor drept unitate atunci pentru piesele mari şi mijlocii de fontă se obţin rezultate bune cu următorul raport:

$$S_p : S_c : S_a = 2 : 1,5 : 1$$

Pentru piese cu pereţi subţiri din fontă este recomandată relaţia

$$S_p : S_c : S_a = 1,11 : 1,06 : 1$$

Comparînd cele două relaţii se constată că la piesele subţiri se face o gîtuire mai puţin pronunţată.

b. <u>Calculul reţelei de turnare pentru piesele din oţel</u>

Faţă de fonta cenuşie calculul reţelei de turnare pentru piesele turnate din oţel prezintă anumite particularităţi legate de faptul că aici dispare necesitatea reţinerii zgurii

deoarece oţelul se toarnă din oale de turnare cu dop astfel că, zgura este reţinută în oală.

Secţiunea canalelor de alimentare se calculează după relaţia:

$$S_a = \frac{Q}{K.Z.L} \quad [cm^2]$$

unde: Q este greutatea brută a piesei turnate; K - viteza specifică de turnare dată de relaţia:

$K = o,9.1o^{o,o31.K_v}$ $\left[Kgf/cm^2.s\right]$ pentru forme uscate

şi

$K = o,4.1o^{o,o44\ K_v}$ $\left[Kgf/cm^2.s\right]$ pentru forma crude

In aceste relaţii $K_v = \frac{Q}{V}$ $\left[Kgf/dm^3\right]$

V este gabaritul piesei - în $\left[dm^3\right]$ - măsurat pe cele trei dimensiuni principale (lungimea x lăţimea x înălţimea) toate luate după desen.

Z - este timpul de umplere în secunde

L - coeficientul de corecţie, legat de fluiditatea oţelului.

Cunoscînd secţiunea alimentatorilor se calculează celelalte elemente ale reţelei după relaţia:

$$S_p:S_c:S_a = 1:1:1$$

adică toate secţiunile minime ale elementelor reţelei sînt egale. Deoarece această relaţie nu asigură un sistem perfect închis se preferă relaţia:

$$S_p:S_c:S_a = 1,2:1,1:1$$ care închide sistemul.

c - Calculul reţelei de turnare pentru piese din fontă maleabilă, diferă de calculul reţelei de turnare pentru fonta cenuşie din următoarele considerente:

- fluiditatea fontei maleabile este mai scăzută datorită conţinuturilor mai reduse de C, Si şi Mn .

- elementele reţelei de turnare trebuie să fie mai scurte şi cu secţiune mai mare pentru a asigura viteze mai mari de umplere.

- contracţia fontei maleabile este aproape de trei ori mai mare în stare lichidă decît la fonta cenuşie, motiv pentru care apare necesitatea dirijării solidificării piesei.

Secţiunea propriu-zisă a alimentatorilor se calculează după relaţia folosită la fonte cenuşii :

$$S_a = \frac{X\sqrt{Q}}{H_p} \qquad [cm^2]$$

însă raportul părţilor componente ale reţelei va avea valori diferite. Rezultate bune se obţin cu următorul raport :

$$S_p : S_c : S_a = (1{,}5 \ldots 2) : 1 : (2 \ldots 9)$$

d - <u>Calculul reţelelor de turnare la aliajele neferoase</u>

Se face după metodele folosite la dimensionarea reţelelor de turnare pentru piesele din oţel.

La confecţionarea reţelelor de turnare se folosesc pe scară largă filtrele pentru zgură şi se aplică principiul solidificării simultane. La aliajele neferoase introducerea metalului, în formă trebuie să se facă liniştit fără vîrtejuri,

împroşcări şi cu viteză mică. In acest scop secţiunea de bază a piciorului trebuie să fie mai mică decît secţiunea alimentatoarelor.

Astfel raportul secţiunilor reţelei de turnare este:

$$S_p : S_c : S_a = 0,75 : (1,5 \div 1,7) : 1.$$

Pentru asigurarea unei scurgeri liniştite în alimentatori se recomandă executarea lor cu secţiuni foarte mici dar în număr mare. In acest caz sistemul de alimentare este numit în ploaie sau etajat.

8.7.4. Oale de turnare

Aliajele topite se transportă de la agregatul de topire la locul de turnare cu ajutorul oalelor de turnare. Acestea sînt confecţionate din tablă de oţel căptuşite cu material refractar. Oalele înaintea umplerii lor cu metal lichid trebuie să fie bine uscate şi preîncălzite (altfel există pericol de explozie şi aruncarea metalului lichid din oală).

Oalele cu capacitatea de 15 ... 25 kg se numesc linguri de turnare (fig.8.4o.a); sînt manevrate de un singur turnător.

Oalele cu furcă (manuale) (fig.8.4o.b şi c) au capacitatea între 6o ... 15o kg şi sînt manevrate de 2 ... 4 turnători.

Pentru capacităţi între 15o kg şi lo tone metal se folosesc oalele de turnare suspendate (cu macara) prevăzute cu dispozitive de basculare (fig.8.41) format din mecanisme cu melc-roată melcată care prezintă avantajul autofrînării reducîndu-se efortul necesar pentru menţinerea oalei într-o anumită poziţie înclinată.

Oalele suspendate sînt de diferite tipuri constructive

Astfel se folosesc uneori oale cu perete despărţitor refractar care ajunge aproape de fund, cu descărcare prin deversare (turnare pe cioc), în care se asigură reţinerea zgurii în condiţii foarte bune (fig.8.42).

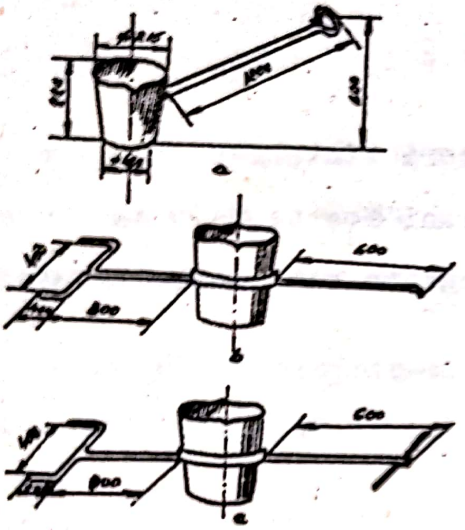


Fig. 8.40
Linguri şi oale de turnare manuale

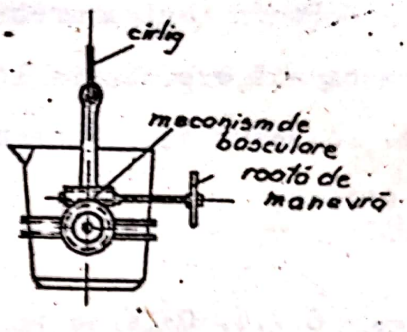


Fig. 8.41
Oală pentru macara cu mecanism de basculare.

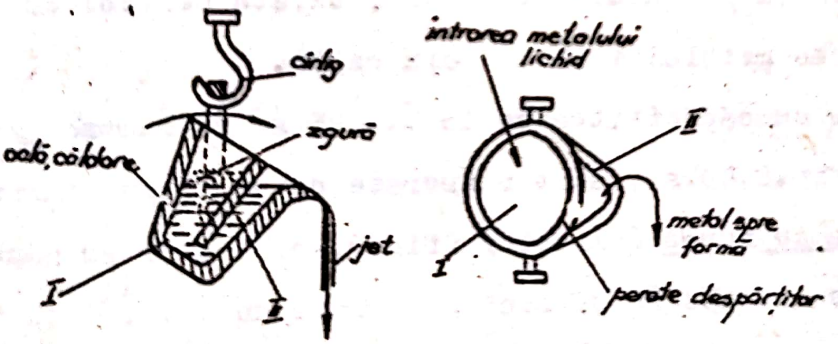


Fig. 8.42
Oală de turnare cu perete despărţitor pentru reţinerea zgurii.

Pentru transportul şi turnarea oţelului se utilizează oale de turnare cu scurgere printr-un orificiu existent la fundul oalei prevăzut cu un dop. Acest tip de oală a fost pre-

zentat în partea I-a a cursului (vezi cap. 1.5.1o, fig.1.49, pag. 119).

In afară de oţel la care turnarea se face în general cu oală cu dop, cu excepţia cînd se toarnă manual, la toate celelalte aliaje în mod obişnuit turnarea se face prin deversare prin ciocul oalei.

La turnarea diferitelor aliaje trebuie să se respecte cît mai precis temperatura optimă de turnare.

Dacă metalul este prea rece nu se umple bine forma. Dacă metalul are temperatura prea înaltă se produc retasuri de contracţii mari. De asemenea se poate produce vitrificarea amestecului de formare şi lipirea acestuia de suprafaţa piesei turnate, iar gazele care se degajă pot produce sufluri.

La turnarea pieselor cu pereţi subţiri se recomandă ca metalul topit să aibă o temperatură mai ridicată pentru a avea fluiditate suficient de mare necesară pentru umplerea formei. Astfel temperatura optimă a metalului lichid în timpul turnării se stabileşte în funcţie de natura materialului şi de masă, complexitatea şi grosimea pereţilor piesei turnate.

In consecinţă, temperatura de turnare la un material metalic dat, variază în limite relativ largi, cum ar fi de exemplu: 125o ... 14oo°C pentru fonta cenuşie, 16oo ... 165o°C pentru oţeluri carbon şi slab aliate, looo ... 12oo°C pentru bronzuri normale, 68o ... 78o°C pentru siluminuri etc.

8.8. Fontele de turnătorie

Fonta cenuşie este aliajul care practic este cel mai utilizat material pentru turnare, fiind ieftin, se elaborează uşor, prezintă proprietăţi mecanice satisfăcătoare şi are proprietăţi bune de turnare. Menţionăm că din greutatea totală

a mașinilor fabricate în lume, circa 70% reprezintă piesele turnate din fontă, iar greutatea pieselor de fontă variază între limite foarte largi de la cîteva kg pînă la 250 ... 300 tone.

Dintre proprietățile avantajoase importante ale fontelor remarcăm capacitatea mare de amortizare a vibrațiilor, pentru care sînt folosite la confecționarea prin turnare a unor piese metalice din construcția de mașini. De asemenea fonta prezintă caracteristici deosebit de importante în ce privește frecarea, fiind folosite la turnarea cilindrilor de motor.

Caracteristicile mecanice, de rezistență și de frecare ale fontelor sînt în funcție de masa metalică de bază (feritică sau perlitică) și de cantitatea și forma grafitului. Fontele de rezistență ridicată au o masă perlitică și grafit în cantitate mică și fin repartizat. Fontele de rezistență mică au o masă de ferită, iar grafitul în cantitate mare se prezintă sub formă de lamele mari. Forma structurală a fontei depinde de compoziția chimică și anume în special de proporția de carbon și de siliciu și de grosimea piesei turnate.

Siliciul ajută precipitarea grafitului. O caracteristică specifică a fontei este că la grosimi diferite structura este diferită. Cu cît grosimea piesei turnate este mai mare, cu atît apar în structură ferită mai multă și grafit mai grosolan.

Pentru a realiza structura cerută fontelor, conținutul de carbon și de siliciu se poate stabili cu ajutorul unor diagrame rezultate din experiența practică, care pot lua în considerare și grosimea pereților.

Astfel de exemplu diagrama lui Maurer (fig.8.43) ne dă structura fontei în funcție de conținutul de carbon și siliciu.

Dreptele duse prin punctul de 4,3% C împart cîmpul diagramei în trei domenii principale și două de tranziție. In

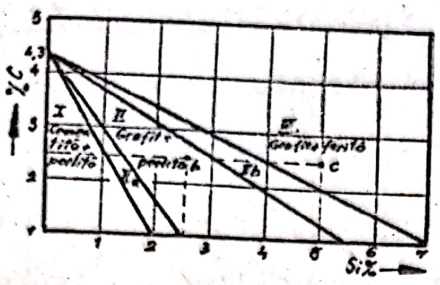


Fig.8.43.
Diagrama Maurer.

domeniul I avem fontele albe.

Domeniul II corespunde fontelor perlitice cu cele mai bune caracteristici mecanice şi cu o bună prelucrabilitate. In domeniul III avem fonte feritice cu mult siliciu. Aceste fonte sînt moi, cu o rezistenţă mecanică redusă şi nu corespund pentru turnarea pieselor de maşini.

In domeniul de tranziţie II-a avem fonte pestriţe cu utilizări limitate fiind dure şi fragile.

In domeniul II-b avem fontele cenuşii ferito-perlitice cu proprietăţi intermediare între fontele din domeniile principale II şi III.

In diagrama Maurer din figura 8.43 se arată spre exemplificare că un aliaj cu 2,5% C dacă are 2,5% Si, este o fontă perlitică, iar la 5% Si are o structură feritică.

Menţionăm că diagrama Maurer nu ţine cont de viteza de răcire.

In afară de C şi de Si şi alte elemente influenţează structura într-o măsură mai mică. Astfel avem:

- elemente grafitizante: Ni, Al, Cu .
- elemente care împiedică grafitizarea şi favorizează apariţia fontei albe: Mn (peste 1%), Cr, V, Mo, Ti şi altele.

Ecuaţia dreptelor din diagrama Maurer este:

$$C + nSi = const.$$

în care: C - reprezintă % C
Si - reprezintă % Si
n - reprezintă coeficientul unghiular al dreptei.

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul n delimitează zonele din diagramă şi variază între 1,65 şi o,47 (pentru fontele albe n = o,5o). Pentru fontele perlitice obişnuite n = 1,o deci relaţia de mai sus devine:

$$C + Si = 4,3\%$$

Această expresie are valabilitate pentru proporţia de carbon cuprinsă între 2,5 - 3,5% .

O variantă îmbunătăţită a diagramei Maurer a fost dată de Greiner şi Klingenstein prezentată în fig. 8.44 .

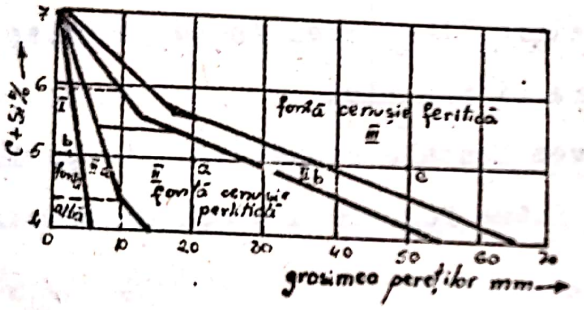


Fig. 8.44
Diagrama structurală a fontelor în funcţie de grosimea pereţilor.

Această diagramă precizează structura fontelor în funcţie de conţinutul total de C + Si în % şi în funcţie de grosimea pereţilor, ţinînd seama deci de viteza de răcire. După cum se vede din diagramă în cele cinci zone sînt aceleaşi structuri ca şi în cazul diagramei Maurer.

O corectare a diagramelor prezentate a fost făcută de către Ghirşovici care înlocuieşte ecuaţia dreptelor din diagrama lui Maurer prin ecuaţia: C.Si = const.
şi pe baza acestei relaţii construieşte diagrama (I) prezentată schematic în figura 8.45,
Această diagramă arată mai corect structura fontei.

O altă diagramă îmbunătăţită a lui Ghirşovici (II) este prezentată în figura 8.46.

Curbele din diagrama (II) corespund ecuaţiei $K = C(Si + \log R) = const.$ în care R este grosimea convenţională a pereţilor piesei turnate.

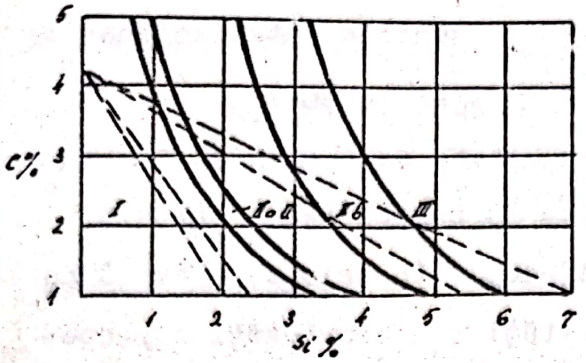


Fig. 8.45
Diagrama Ghirşovici (I)

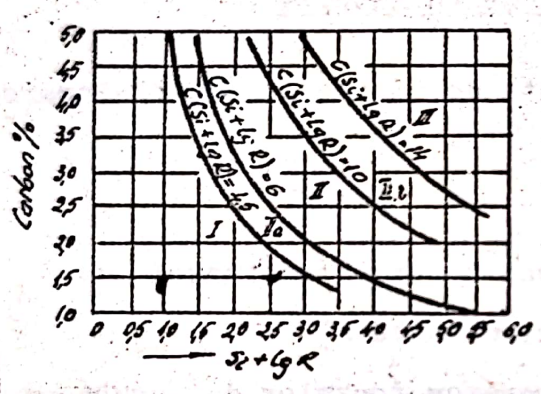


Fig. 8.46
Diagrama Ghirşovici (II)

$R = \frac{V}{S}$, în care V este volumul iar S - suprafaţa piesei turnate.

Domeniile sînt aceleaşi ca şi în diagrama Maurer delimitate de curbele corespunzătoare lui K = 4,5; 6,o; lo,o şi 14,o.

Categoriile de fonte folosite în turnătorie sînt:

- Fontele cenuşii obişnuite pentru turnătorie standardizate în STAS 568-75 şi cele turnate în piese pentru maşini unelte standardizate în STAS 8541-75.

- Fontele modificate cu grafit lamelar;

- Fonte modificate cu grafit nodular standardizate în STAS 6071-75;

- Fontele maleabile obţinute prin maleabilizarea pieselor turnate din fontă albă, standardizate în STAS 569-7o;

- Fontele aliate, întrebuinţate pentru scopuri speciale, cînd se cer proprietăţi mecanice foarte bune sau alte proprietăţi deosebite ca: refractaritate, rezistenţă la coroziune, rezistenţă mare la uzură, proprietăţi magnetice deosebite. Alierea acestor fonte se face în funcţie de scopul urmărit cu Ni,Cr,Mo,V etc. Din categoria fontelor aliate la noi în ţară sînt standardizate

fontele refractare în STAS 6706-73, fontele antifricţiune în STAS 6707-73 şi fonta austenitică în STAS 10066-75.

Menţionăm faptul că unele din aceste categorii de fonte folosite la turnare au fost prezentate în partea I-a a cursului (vezi cap. 3.6. Fontele pag. 437-465). In cele ce urmează ne vom referi la anumite particularităţi şi proprietăţi caracteristice legate de elaborarea şi prelucrarea acestora prin turnare.

8.9. Elaborarea fontelor de turnătorie

Cele mai folosite agregate de topire pentru elaborarea fontelor de turnătorie sînt:

- cubiloul,
- cuptoare cu flacără pentru retopirea fontei,
- cuptoare electrice pentru fontă.

Ca materie primă la elaborarea fontelor de turnătorie se folosesc: fonte brute de prima fuziune; deşeuri de fontă; deşeuri de oţel (folosite pentru diluarea carbonului şi siliciului) şi feroaliaje (pentru a mări conţinutul de Si sau Mn a fontelor sau pentru a realiza alierea fontelor cu diferite elemente de aliere: Cr, Mo, V etc.).

8.9.1. Topirea fontei în cubilou

Cubiloul este cel mai folosit agregat pentru elaborarea fontelor de turnătorie datorită avantajelor pe care le prezintă dintre care menţionăm:

- construcţie şi întreţinere simplă;
- productivitate ridicată;
- permite obţinerea fontelor de turnare de la calităţile normale pînă la calităţile superioare;

- fonta se obţine la un preţ de cost scăzut.

Cubiloul este un cuptor de retopire cilindric vertical cu cuvă cu funcţionare continuă. Pot fi cu sau fără antecreuzet.

In figura 8.47 se prezintă spre exemplificare o secţiune longitudinală printr-un cubilou cu antecreuzet.

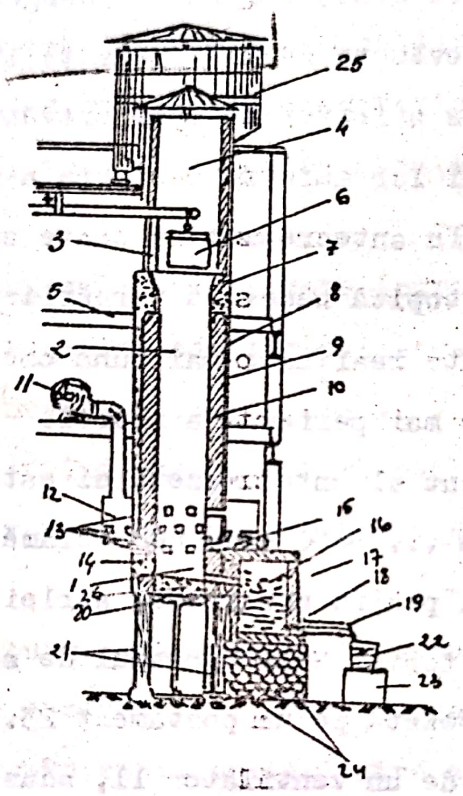


Fig. 8.47

Este confecţionat dintr-o manta de tablă de oţel căptuşită cu un strat izolator 9 şi apoi cu cărămizi de şamotă 1o. Prin intermediul unor stîlpi metalici 21 se sprijină pe o fundaţie de beton 24. In timpul funcţionării cubiloul este închis în partea inferioară cu un capăc 2o de care se sprijină vatra 26 executată din nisip de turnătorie.

Părţile principale ale unui cubilou sînt: cuva 2, care este umplută în permanenţă cu straturi de combustibil, fontă şi fondant prin gura de încărcare 3; de la nivelul platformei de încărcare 5, folosindu-se uneori de oale de alimentare 6 .

In zona de încărcare, căptușeala refractară este înlocuită cu casete de fontă 7, cu o rezistență mare contra uzurii.

Creuzetul 1 în care se colectează fonta topită și zgura. La baza creuzetului în cazul cubiloului fără antecreuzet se găsește gura de scurgere a fontei, iar ceva mai sus la 90° sau 180° față de aceasta se găsește gura de scurgere a zgurei. In cazul cubilourilor prevăzute cu antecreuzete 17 fixe sau basculante gura de scurgere a fontei 18 este prevăzută la nivelul vetrei antecreuzetului iar gura de scurgere a zgurei 16 mai sus și lateral (la 90°). In antecreuzet se poate colecta o cantitate mai mare de fontă topită necesară turnării pieselor mai mari și de asemenea se poate realiza o mai bună omogenizare a fontei lichide și o separare mai perfectă a zgurei.

Un inconvenient al antecreuzetului este că temperatura metalului scade cu 4o ... 8o°C ceea ce reclamă un consum suplimentar de combustibil pentru menținerea aceleiași temperaturi optime de evacuare a fontei prin jgheabul de scurgere 19 în oala de turnare 22 așezată pe un postament 23. Aerul necesar arderii este debitat de un ventilator 11, adus printr-o conductă în cutia inelară de aer 12 care înconjură cubiloul și este insuflat în cuptor prin gurile de vînt (aer) 13. Acestea pot fi dispuse pe un singur rînd sau pe mai multe rînduri suprapuse (de obicei 2 sau 3 rînduri).

Gurile de aer dispuse pe mai multe rînduri asigură o ardere mai completă a combustibilului și obținerea unor temperaturi mai ridicate. Pentru observarea mersului cubiloului și curățirea gurilor de vînt, în dreptul fiecărei guri de vînt se află cîte un capac prevăzut cu un vizor 15 de mică sau sticlă.

Distanța minimă între gurile de aer din rîndul inferior și vatra cubiloului este de circa 3oo mm la cubilourile cu antecreuzet și dublu sau chiar triplu la cubilourile fără

antecreuzet.

Gura de vizitare 14 de la baza cubiloului permite repararea căptuşelii şi zidirea vetrei la pornirea cubiloului.

Deasupra cuvei 2 se găseşte coşul 4 construit cu zidărie mai subţire şi parascînteiul 25 care are rolul de a preveni incendiile din apropierea turnătoriilor şi pentru captarea prafului din gazele arse evacuate din cubilou.

Cubiloul, ca şi furnalul, funcţionează pe principiul contracurentului, însă perioada de funcţionare continuă nu depăşeşte 48 ore.

Înălţimea cubilourilor este între 5 ... 8 m , diametrul între o,5 ... 2 m iar productivitatea variază în funcţie de diametrul lor (între o,5 ... 3o t/h).

Cubiloul fiind agregatul cel mai răspîndit pentru retopirea fontei, forma şi dimensiunile lui sînt standardizate în STAS 2839-67.

In cubilou se deosebesc următoarele zone:

- zona creuzetului în care arderea combustibilului este neînsemnată datorită echilibrului între gazele din această zonă cu carbonul din combustibil, gazele fiind formate aproape numai din oxid de carbon. In această zonă fonta este în stare lichidă.

- zona de oxidare deasupra gurilor de vînt unde combustibilul arde intens gazele fiind oxidante. Fonta în această zonă este în stare lichidă.

- zona de reducere unde se produce reducerea bioxidului de carbon în oxid de carbon. Aici coeficientul de ardere este mai mic decît în zona de oxidare. In această zonă începe topirea metalului.

- zona de preîncălzire în apropierea gurii de încărcare.

Alimentarea cubiloului se face în straturi alternative cu:

- încărcătură metalică (formată din lingouri de fontă brută, deşeuri de fontă şi deşeuri de oţel);

- cocs de turnătorie (drept combustibil) şi

- fondanţi (CaO sau $CaCO_3$).

Pentru pornirea cubiloului, pe vatră se aprinde un foc de lemn, după care prin gura de încărcare se încarcă treptat patul de cocs cu circa 800 mm deasupra gurilor de vînt. Incărcarea normală în straturi începe numai după aprinderea completă a cocsului şi se face manual sau mecanic în straturi succesive.

In cubilou are loc un proces de diluare între fonta brută, deşeurile de fontă şi deşeurile de oţel, însoţite de o slabă oxidare a siliciului şi manganului. Astfel siliciul se oxidează în proporţie de 10 ... 15% , iar manganul în proporţie de 15 ... 20% .

In ce priveşte carbonul se oxidează şi el însă la traversarea patului de cocs fonta se recarburează. Astfel scăderea procentului de carbon se realizează numai prin diluare.

Fosforul nu poate fi eliminat prin oxidare datorită celorlalte elemente mai avide de oxigen, astfel că reducerea procentului de fosfor se obţine numai prin diluare.

In ce priveşte sulful, conţinutul lui în general creşte cu 40 ... 50% din cauza sulfului pe care fonta îl dizolvă din cocsul folosit drept combustibil.

Pentru elaborarea unei fonte cu compoziţie prescrisă, la alcătuirea sarjei, trebuie să se ţină seama de toate cele arătate mai sus, petrecute în procesul metalurgic din cubilou.

In cazul cînd la turnare este necesară o fontă de bună calitate, cu un conţinut de sulf mai mic decît cel rezultat în cubilou, se poate realiza o desulfurare în oala de turnare sau în antecreuzet prin tratarea fontei lichide cu substanţe alca-

line: carbonat de sodiu, carbid etc.

Zgura şi fonta topită se evacuiază la anumite intervale prin spargerea dopurilor de argilă din gurile de scurgere a zgurii şi respectiv a fontei. La sfîrsitul elaborării, fonta lichidă se scurge în oala de turnare, iar încărcătura solidă din cubilou se evacuiază prin uşa inferioară a cubiloului.

8.9.2. Construcţii speciale de cubilouri

Aceste cubilouri urmăresc: micşorarea consumului de combustibil, creşterea productivităţii, obţinerea de fontă cu temperaturi deosebit de ridicate şi elaborarea de fonte cu conţinut mai redus de carbon şi sulf. Dintre aceste cubilouri menţionăm:

- Cubilouri cu aer preîncălzit , reprezintă cea mai eficientă soluţie pentru sporirea randamentului cubiloului si ridicarea temperaturii fontei lichide din cubilou.

Preîncălzirea aerului se realizează cu diferite tipuri de instalaţii cum sînt:

- instalaţii care folosesc căldura fizică a gazelor din cubilou, realizîndu-se o preîncălzire de 100-150°C;

- instalaţii care folosesc căldura fizică şi chimică a gazelor de cubilou, care realizează temperaturi de preîncălzire pentru aer de cca 300°C;

- instalaţii lucrînd cu focare speciale, fără să folosească căldura gazelor din cubilou şi care realizează o preîncălzire a aerului la temperaturi de cca 450-600°C.

- Cubilouri pentru elaborarea fontei cu conţinut redus de carbon. In aceste cubilouri se pot obţine fonte cu un conţinut de carbon sub 2,2%. Acest lucru la cubilourile cu antecreuzet se realizează prin ridicarea vetrei pînă la nivelul

gurilor de vînt, iar la cubilourile fără antecreuzet prin umplerea vetrei cu un material inert (de obicei material suprarefractar).

- Cubilouri care funcţionează cu combustibil lichid, gazos sau în formă de pulbere. Aceste cubilouri prin înlocuirea parţială sau totală a cocsului urmăresc obţinerea unei fonte lichide supraîncălzite, reducerea conţinutului de sulf şi obţinerea unei fonte cu conţinut redus de carbon.

In unele cazuri se foloseşte metoda elaborării combinate adică încărcătura de cocs se înlocuieşte parţial cu combustibil gazos, lichid sau pulverulent prin injectoare montate deasupra gurilor de vînt.

- Cubilouri care funcţionează cu aer îmbogăţit cu oxigen. In aceste cubilouri se realizează o temperatură mai ridicată a fontei lichide. Temperatura şi viteza de reacţie mai ridicată asigură obţinerea fontei cu conţinut mai scăzut de S şi P . Adaosul de oxigen în aer este de 3-8% realizînd o creştere a productivităţii cu cca 50%. La aceste cubilouri căptuşeala refractară se uzează mai repede.

8.9.3. Cuptoare cu flacără pentru retopirea fontei

Cuptorul cu flacără constă dintr-o cameră în care se află materialul de topit, ce vine în contact cu flacăra obţinută prin arderea unui combustibil lichid, gazos sau cărbune pulverizat. Aceste cuptoare cînd lucrează cu regenerator sau recuperator permit supraîncălzirea puternică a fontei.

Cu toate că randamentul termic al cuptoarelor cu flacără este mai mic decît cel al cuptoarelor cu cuvă, posibilitatea de a se putea atinge temperaturi ridicate, posibilitatea unui control curent prin analize, posibilitatea mai bună de

Scanned with OKEN Scanner

îndepărtare a zgurei şi de a obţine fonte cu un conţinut mic de carbon sînt avantaje importante ale acestor cuptoare.

Cuptoarele cu flacără pot fi:

a - cu vatră fixă

b - cuptoare rotative

a. Cuptoarele cu vatră fixă

Din punct de vedere constructiv sînt asemănătoare cuptoarelor Martin Siemens, însă capacitatea lor nu depăşeşte 15 tone. In aceste cuptoare se pot atinge temperaturi de 2000°C.

b. Cuptorul rotativ

Cuptorul rotativ este cel mai utilizat tip de cuptor cu flacără pentru elaborarea fontei lichide. Este un cuptor cilindric pentru capacităţi pînă la 5 tone.

In fig. 8.48 se prezintă schema unui cuptor rotativ pentru retopirea fontei.

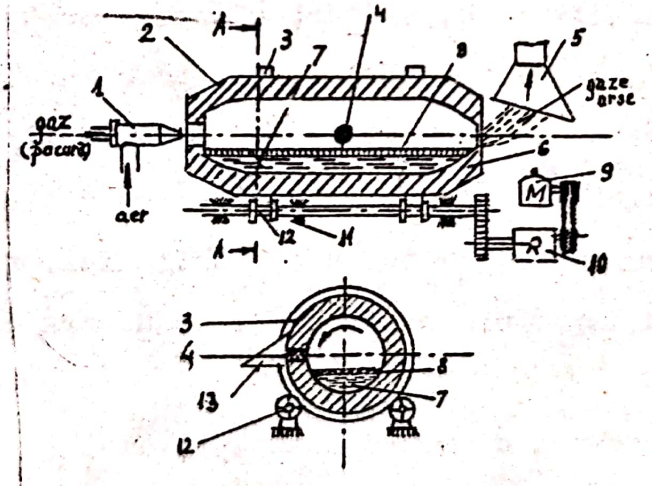


Fig. 8.48

Schema unui cuptor rotativ.

1-arzător (injector); 2-manta din tablă oţel; 3-inel de rulare; 4-orificiu de golire cu dop de argilă; 5-hotă pentru coş; 6-căptuşeală (şamotă); 7-baie metalică; 8-zgură; 9-motor; 10-reductor; 11-lagăre; 12-role; 13-jgheab de evacuare.

Este confecţionat din tablă de oţel căptuşit cu şamotă. Pentru încălzire se foloseşte un combustibil gazos, lichid sau praf de cărbune introdus prin arzătorul sau injectorul aşezat la unul din capetele cuptorului. Evacuarea gazelor arse şi încărcarea cuptorului se face prin capătul opus. Rotirea cuptorului se realizează cu ajutorul unui motor electric prin intermediul unui reductor, roţi dinţate, intermediare, rolele antrenate şi inelele de rulare. Viteza de rotaţie este de 0,5 ... 1 rot/min.

Evacuarea zgurei şi a aliajului lichid se face printr-un orificiu de golire din peretele lateral astupat cu un dop de argilă. Aceste cuptoare s-au răspîndit în turnătorii deoarece prezintă o serie de caracteristici avantajoase.

- pornire uşoară şi reglare uşoară a temperaturii metalului;

- se pot realiza temperaturi ridicate peste 1400° (1400 ... 1525°C) a fontei, ceea ce permite o turnare uşoară, în special a fontelor cu un conţinut mai mic de carbon;

- combustibilul folosit nu influenţează deosebit compoziţia chimică a fontei, ca în cazul cubiloului, fapt ce permite reglarea conţinutului de carbon şi reducerea conţinutului de sulf;

- prin mişcarea de rotaţie a cuptorului se asigură o bună transmitere a căldurii în baia metalică şi o omogenizare perfectă a aliajului elaborat;

- se pot elabora fonte aliate.

Dintre dezavantajele acestor cuptoare menţionăm:

- productivitate mai scăzută;

- funcţionare intermitentă;

- preţul de cost al fontei elaborate este mai ridicat.

Prin preîncălzirea aerului de la gazele evacuate, indicii de utilizare al cuptorului se îmbunătăţesc.

Procesul metalurgic în cuptorul rotativ este un proces de oxidare; elementele principale din fontă ard în general după cum urmează: carbon 7 ... 15%, siliciu 2o ... 3o% şi mangan 3o ... 5o% .

Incărcarea cuptorului şi funcţionarea lui se desfăşoară după cum urmează:

- se introduce mai întîi un pat de cocs de petrol sau de mangal, apoi amestecul de materiale feroase, după care se introduce 1% piatră de var, pentru a face zgura fluidă. Se dă drumul la injector, iar pînă la topire cuptorul se basculează cu cîte 45 ... 6o°C, iar după topire începe să se rotească. Dezoxidarea fontei elaborate se face cu ferosiliciu.

Procedeul duplex este folosit pentru elaborarea fontelor de calitate superioară şi constă din topirea fontei în cubilou şi apoi supraîncălzirea şi alierea ei în cuptor rotativ sau într-un cuptor electric.

Cuptoare electrice pentru fontă

Dacă se admit conţinuturi de sulf de o,o8-o,12% elaborarea se efectuiază în cuptoare electrice cu căptuşeală acidă, în caz contrar cînd conţinutul de sulf trebuie să fie sub o,o2% se utilizează pentru elaborare cuptorul electric cu căptuşeală bazică deşi din punct de vedere economic este de preferat cuptorul acid.

Cuptoarele electrice cu inductie

Aceste cuptoare datorită avantajelor pe care le prezintă şi în urma faptului că permit elaborarea unor aliaje de turnătorie de calitate superioară, în ultima vreme sînt din ce în ce mai utilizate în turnătoriile moderne.

Scanned with OKEN Scanner

Capacitatea acestor cuptoare este de 8-lo tone. Fonta obţinută în aceste cuptoare se foloseşte la turnarea cilindrilor de automobile şi alte accesorii auto, cilindri, pistoane, roţi dinţate, bucşe de cilindri, segmenţi de piston, armături etc.

Caracteristici de turnare a fontei cenuşii

Fonta lichidă de a doua fuziune obţinută într-unul din agregatele de topire prezentate mai sus, în vederea turnării de piese este introdusă în oala de turnare din care se execută turnarea propriu-zisă prin deversare prin ciocul oalei. Dintre caracteristicile principale de turnare a fontei menţionăm:

- temperatura de topire cca 1150°C;
- temperatura de supraîncălzire 1300-1450°C;
- temperatura de turnare 1250-1400°C;
- are o fluiditate mare, care creşte cu proporţia de C şi fosfor;
- are contracţie mică (cca 1%);
- are contracţie de solidificare mică, respectiv defectul de retasură redus;
- turnarea se face practic cu toate procedeele de turnare;
- la turnarea în forme permanente (metalice) există oarecare greutate deoarece suprafeţele pieselor se albesc.

Procedeele de formare şi turnare folosite frecvent la turnarea fontei cenuşii sînt: în nisip crud, uscat (forme temporare obişnuite), forme coji, în forme cu liant silicat de sodiu întărit cu CO_2, turnare cu modele fuzibile (forme temporare speciale), turnare centrifugă, turnare în cochile, turnare continuă (forme permanente) etc.

Greutatea pieselor turnate poate varia de la cîteva

Scanned with OKEN Scanner

grame la zeci de tone.

După turnare gazele inflamabile şi toxice (CO, H_2, CO_2, etc), care se degajă din forme trebuiesc să fie aprinse deoarece prezintă pericol de explozie şi de intoxicaţie.

In continuare formele sînt lăsate să se răcească lent şi uniform cu scopul obţinerii unei structuri favorabile. In final urmează dezbaterea, curăţirea şi tratamentul termic al pieselor turnate.

8.9.4. Elaborarea si turnarea fontelor modificate

Fontele modificate, procesul de modificare, modificatorii folosiţi, structura, proprietăţile şi standardizarea acestor fonte au fost prezentate în partea I a cursului (vezi cap. 3.6. 3.4 pag. 450-454). In cele ce urmează se vor prezenta date suplimentare caracteristice privind elaborarea şi turnarea acestor fonte. După cum s-a arătat, din punct de vedere al formei grafitului se deosebesc două categorii de fonte modificate:

a - cu grafit lamelar fin (cu structură perlitică) şi

b - cu grafit nodular.

a. Fontele modificate cu grafit fin (perlitice).

Aceste fonte pe lîngă cele arătate prezintă încă o serie de avantaje. Astfel ea este mai puţin sensibilă la diferenţele de secţiune, respectiv structura este mai omogenă decît la fontele obişnuite. Materialul este compact şi relativ uşor de prelucrat. Prezintă rezistenţă la uzură şi coroziune bună.

Ca materii prime folosite la elaborarea acestor fonte, sînt aceleaşi ce se foloseso la elaborarea fontelor cenuşii obişnuite plus modificatorii co se adaugă în vina de lichid

ce se scurge la descărcarea cuptorului în cantităţi de o,2-1,o%. Pentru ca modificatorul să fie eficace este necesar ca temperatura metalului lichid să fie de minimum 14oo°C.

Dozarea materiilor prime se face astfel încît ţinîndu-se cont de schimbările compoziţiei la elaborare să se obţină o compoziţie corespunzătoare, respectiv un procent coborît de C şi Si. Adaosul de fier vechi la şarjare este factorul principal care determină această compoziţie. La elaborarea acestor fonte în cubilou adaosul de fier vechi poate varia între 2o-7o%.

Compoziţia chimică a acestor fonte este următoarea:

C total 2,6-3,o%

Si 1,2-1,7%

Mn o,8-1,2%

P . . . . . mai mic de o,2 (o,3)%

Elaborarea se face în aceleaşi agregate ca şi fonta cenuşie obişnuită.

Tehnologia de formare şi turnare este identică ca la turnarea fontei cenuşii obişnuite, cu mici diferenţe şi anume:

- contracţia de solidificare este ceva mai mare, fapt ce aduce cîte odată necesitatea unei uşoare maselotări.
- temperatura de turnare ceva mai ridicată cca 14oo°C
- contracţia de răcire este mai mare (1,4 ... 1,6%)
- turnarea trebuie efectuată imediat după modificare pentru ca efectul modificării să nu dispară.

b. <u>Fontele cu grafit nodular</u>

Ca materii prime se folosesc aceleaşi ca şi pentru fonta cenuşie, care trebuie însă să asigure un conţinut scăzut de carbon; 3,2-3,8%C; 1,8-2,7% Si; sub o,6% Mn; sub o,2% P şi pînă la o,o9% S .

Agregatele de topire folosite sînt aceleaşi ca la ela-

borarea fontei obişnuite.

Modificatorii folosiţi şi caracteristicile procesului de modificare au fost prezentate în partea I-a a cursului.

Formarea în vederea turnării se face la fel ca la fonta cenuşie. Insă deoarece contracţia la solidificare este mai mare, pentru evitarea retasurei este necesară aplicarea unor maselote mai mari decît la fonta modificată perlitică.

Maselotajul se execută curent analog cu maselotajul fontei maleabile. Turnarea trebuie făcută repede după modificare deoarece efectul de modificare al magneziului se pierde complet după 2o-3o minute.

8.9.5. Elaborarea şi turnarea fontei maleabile, caracteristici tehnologice

Fontele maleabile, fabricarea lor, structura, proprietăţile şi standardizarea lor a fost prezentată în partea I-a a cursului (vezi cap. 3.6.4. pag. 454-458).

Din punct de vedere al elaborării şi turnării, cele două tipuri de fontă maleabilă cu miez negru şi alb se obţin cu procedee identice.

Elaborarea se poate face în cubilou, cuptor cu flacără şi cuptor electric. Deoarece la elaborarea în cubilou apar dificultăţi datorită efectului de carburare acesta se adaptează prin reducerea patului de cocs, sau înlocuirea patului de cocs cu material refractar etc.

Obişnuit elaborarea fontei maleabile se face în cuptoare rotative cu flacără. Ca materii prime se folosesc: fontă brută cu conţinut redus de Si şi Mn, resturi de la turnările anterioare, fier vechi şi eventual feroaliaje.

Turnarea se face obişnuit în forme crude, executate cu

aceleaşi amestecuri de formare folosite la fonta cenuşie. Se poate turna cu succes în forme-coji şi în cochile metalice.

Aspectele caracteristice de care trebuie ţinut seama la turnarea fontei albe ce urmează să fie maleabilizată sînt următoarele:

- Contracţia mare la solidificare, cu apariţia accentuată de retasură. Această caracteristică impune aplicarea de maselote voluminoase la piese care spre deosebire de oţel nu se plasează pe piesă, ci la alimentator (fig.8.49), pentru a putea fi îndepărtată uşor.

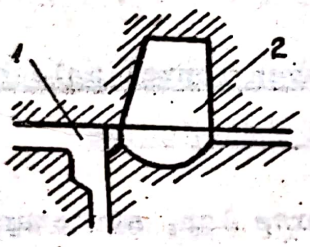


Fig. 8.49
Exemplu de aplicare a maselotei.
1 - piesă; 2 - maselotă.

Fluiditatea fontei este mai mică decît a fontei cenuşii, fapt ce impune o ridicare a temperaturii de supraîncălzire pînă la 1450°C.

Contracţia liniară este relativ mare (1,5-1,8%) fapt ce aduce după sine adeseori apariţia crăpăturilor la cald şi la rece a pieselor din fontă albă.

43.#

8.1o. Turnarea pieselor din oţel

Piesele turnate din oţel îşi găsesc o largă folosinţă în construcţia de maşini datorită bunei lor comportări în exploatare şi a unor avantaje economice. Oţelul este folosit la turnarea pieselor atunci cînd acestea sînt supuse la solicitări mari, unde se cere rezistenţă la tracţiune, o plasticitate şi o rezilienţă mai ridicată. Tot din oţel se toarnă şi o serie de piese cu configuraţie complicată sau de dimensiuni mari

care nu pot fi forjate sau matriţate în condiţii rentabile. Faţă de piesele forjate sau matriţate de aceeaşi compoziţie, ele prezintă următoarele avantaje:

- adaosurile de prelucrare sînt de obicei mai mici;
- pot avea o configuraţie mai complicată;
- tehnologia mai simplă;
- preţul de cost mai scăzut.

Piesele turnate din oţel avînd proprietăţi mecanice superioare înlocuiesc de multe ori piesele turnate din fontă sau aliaje neferoase.

Greutatea pieselor turnate din oţel variază în limite foarte largi, fiind cuprinsă între cîteva grame şi sute de tone.

Pentru elaborarea oţelului de turnătorie se utilizează următoarele agregate:

- convertizoare mici de 1-5 tone;
- cuptoare Siemens-Martin de 5-25 tone;
- cuptoare electrice cu arc (Heroult) de o,5-1o tone;
- cuptoare cu inducţie fără miez de fier de capacitate 5o-5ooo kg.

Construcţia, modul lor de funcţionare şi procedeele de elaborare a oţelurilor au fost prezentate în partea I-a a cursului, cap. 1.5 - Metalurgia oţelului.

8.1o.1. <u>Oţeluri turnate în piese</u>

Pentru turnarea pieselor din oţel se folosesc două grupe de oţeluri turnate standardizate:

1 - oţelurile carbon turnate în piese (STAS 6oo-74) care au fost prezentate în partea I-a a cursului (vezi cap. 3.5. 3.4 pag. 423-424).

2 - oţeluri aliate pentru construcţii de maşini, turnat în piese (STAS 1773-67) prezentate în cap.5 - Oţeluri aliate.

8.1o.2. Proprietăţile de turnare ale oţelului

Faţă de proprietăţile de turnare ale fontelor, cele ale oţelurilor sînt inferioare astfel este mai greu de obţinut din oţel prin turnare o piesă sănătoasă. Dintre particularităţile turnării oţelului faţă de turnarea fontei menţionăm:

- temperatura de topire a oţelului este mai înaltă decît a fontei, ca urmare şi temperatura de turnare este mai înaltă şi este în funcţie de grosimea pereţilor pieselor. Astfel:

- la piese cu pereţi groşi, temperatura de turnare este egală cu $T_{topire} + 100^{o}$ = aprox. $1600^{o}C$.

- la piese cu pereţi subţiri temperatura de turnare este egală cu $T_{topire} + 150^{o}C = 1650^{o}C$

- fluiditatea oţelului este mai redusă decît a fontelor deoarece conţine mai puţin carbon şi siliciu.

- contracţia de solidificare la oţel este mai mare ceea ce favorizează formarea retasurilor în zona nodurilor termice (treceri de secţiune).

- contracţia liniară a oţelului este de cca 2% faţă de 1% a fontei cenuşii.

- oţelul topit datorită temperaturii înalte necesară turnării prezintă o tendinţă mai mare de a absorbi gaze decît fonta.

In consecinţă pentru asigurarea turnării unor piese bune din oţel faţă de turnarea din fontă trebuie luate o serie de măsuri suplimentare atît la formare cît şi la turnare. Astfel:

- pentru confecţionarea formelor şi miezurilor se folosesc amestecuri de formare cu refractaritate mai ridicată (cuarţ, argilă şi lianţi speciali). Pentru a mări refractari-

tatea formelor, suprafaţa de lucru a acestora se vopseşte cu vopsele refractare.

- se toarnă în forme crude care sînt mai compresibile decît formele uscate. De asemenea se folosesc miezuri cu compresibilitate ridicată (de exemplu cu inimă de cocs).

- reţeaua de turnare se dimensionează şi se plasează astfel ca să asigure solidificare simultană sau solidificare dirijată a pieselor turnate.

Solidificarea simultană se realizează în cazul în care piesa nu are părţi de grosimi prea diferite prin plasarea alimentatorului în locul cel mai îngust al piesei (fig.8.5o) pentru ca temperatura oţelului să se egalizeze în mod suficient şi răcirea piesei să fie cît mai uniformă.

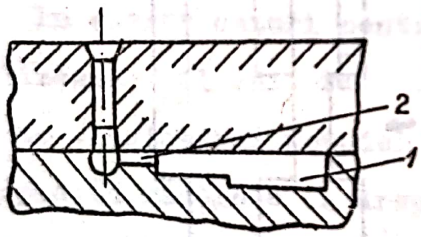


Fig. 8.5o
Schema de alimentare pentru solidificarea simultană.
1 - piesă; 2 - alimentator

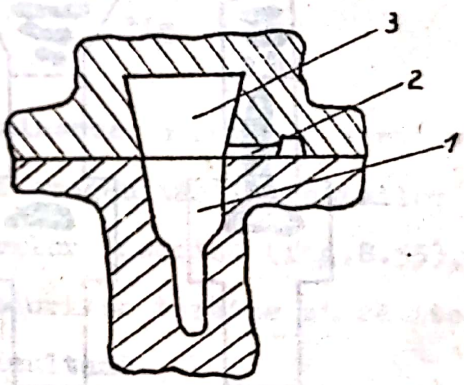


Fig. 8.51
Schema de alimentare pentru solidificarea dirijată.
1- piesă; 2 - alimentator; 3 - maselotă.

Solidificarea dirijată se aplică în cazul pieselor care au părţi de grosimi mult diferite. In aceste cazuri alimentatorul se plasează în locul cel mai masiv al piesei, pentru realizarea solidificării dirijate. Pentru evitarea formării retasurii se prevăd maselote. Prin maselotă se înţelege un adaos tehnologic de materiale care asigură alimentarea

cu metal lichid a piesei în procesul solidificării.

Ca şi la turnarea lingourilor şi în cazul pieselor turnate din oţel apare defectul de retasură aşa cum se arată schematic în fig. 8.52.

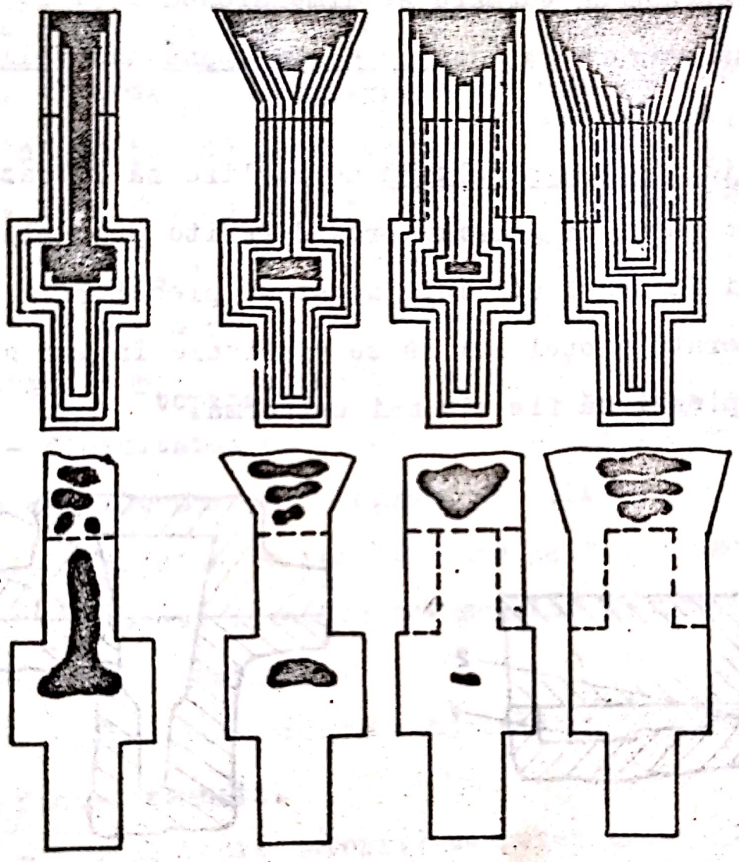


Fig. 8.52

In aceeaşi figură se prezintă schematic principiul rezolvării tehnologice a eliminării retasurii din piesă prin plasarea acestuia la partea superioară în maselotă.

Prin dimensionarea corectă a maselotei se poate realiza ca maselota să fie ultimul loc din piesă care se va solidifica.

Scanned with OKEN Scanner

Piesele turnate, care prezintă întretăieri de pereţi formează îngroşări locale sau aşa numitele noduri termice (fig. 8.53) unde formarea retasurii este inevitabilă. Acest lucru rezultă dacă se reprezintă liniile izoterme-izosolidus (fig.8.54).

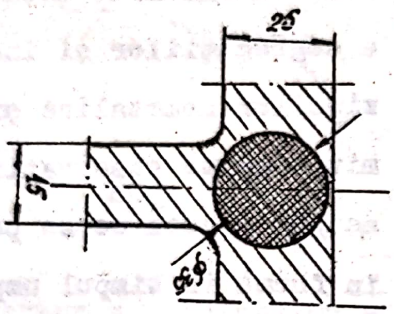


Fig. 8.53

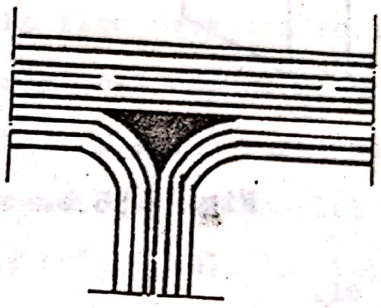


Fig. 8.54

In aceste cazuri pentru eliminarea nodurilor termice se utilizează cel mai des metoda omogenizării grosimilor de perete cu ajutorul metodei cercurilor înscrise (fig.8.55), sau se prevăd maselote în dreptul nodurilor termice şi răcitoare pentru a permite solidificarea simultană.

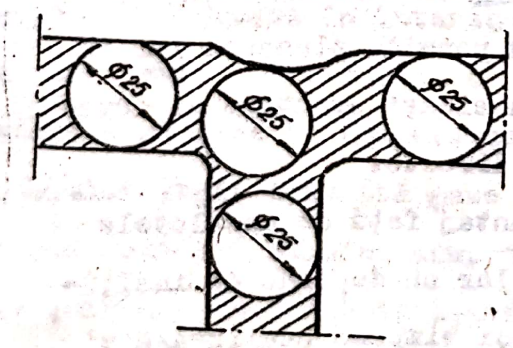


Fig. 8.55
Metoda cercurilor înscrise.

Maselotele pot fi deschise sau închise. Maselotele deschise, după modul lor de amplasare pot fi:

- maselote deschise directe plasate deasupra porţiunii groase a piesei şi

- maselote deschise lateral folosite la alimentarea unor noduri termice aflate în semiforma inferioară.

Maselotele deschise directe utilizate frecvent pot avea secţiune dreptunghiulară (fig.8.56.a) sau cilindrice (fig.8.56.b).

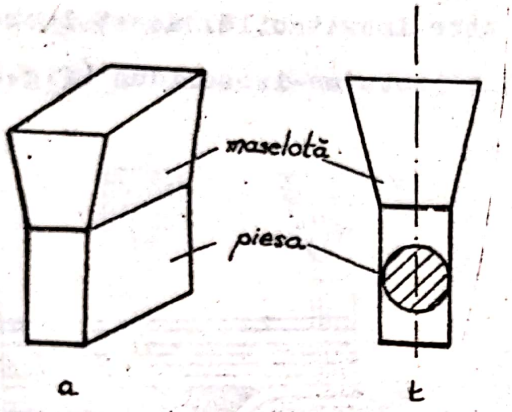


Fig. 8.56

Maselotele deschise directe sînt avantajoase din punct de vedere al asamblării formelor, servesc ca bazin de decantare a segregaţiilor şi incluziunilor nemetalice şi permit anumite observaţii asupra a ceea ce se petrece în formă în timpul umplerii ei.

Dintre dezavantajele maselotelor directe menţionăm:

- înălţimea maselotelor depinde de înălţimea ramelor de formare;

- consumul de metal pentru maselote este mare, greutatea lor ajungînd să depăşească uneori greutatea piesei ;

- este posibilă pătrunderea în formă a diverselor corpuri străine.

Maselotele deschise-laterale sînt folosite în acele cazuri cînd configuraţia piesei nu permite plasarea lor în partea de sus a piesei. Prezintă aceleaşi avantaje şi dezavantaje ca şi maselotele deschise directe.

Maselotele închise au avantaj faţă de maselotele deschise prin faptul că înălţimea lor nu depinde de înălţimea ramelor de formare şi în acelaşi timp se realizează si economie din metal. De cele mai multe ori maselotele închise au partea superioară sferică, întrucît astfel se realizează o suprafaţă minimă la volumul dat. In fig. 8.57 r este raza

sferei maselotei iar h este înălţimea de tăiere a acesteia.

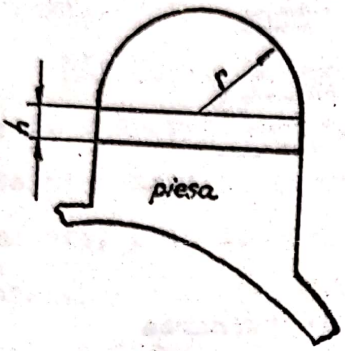


Fig. 8.57

Maselotele închise ocupă un volum egal cu 25 ... 50% din volumul piesei. Pentru micşorarea acestui volum, deci reducerea consumului de metal lichid şi în acelaşi timp asigurarea unor piese fără retasura se utilizează maselote supuse presiunii gazelor. O primă variantă a unui asemenea tip de maselotă a fost aceea a maselotelor sferice cu miez (fig.8.58). In timpul turnării miezul dezvoltă gaze care ajută la împingerea metalului din maselotă în piesă şi astfel obţinerea pieselor turnate fără goluri.

Pornind de aici s-a ajuns la folosirea maselotelor cu presiuni ridicate, presiuni date fie de gazele produse cu ajutorul unui cartuş de şamotă sau metal introdus în interiorul maselotei, prevăzut cu o încărcătură care la temperatura metalului topit dezvoltă gaze (de exemplu $CaCO_3$, cocs, mangal), fie cu ajutorul aerului comprimat insuflat printr-un tub metalic introdus în formă în aşa fel încît să ajungă în centrul maselotei cu suprapresiune. In fig. 8.59 se prezintă spre exemplificare, amplasarea maselotelor deschise şi închise cu presiune de gaze la turnarea unei piese de oţel.

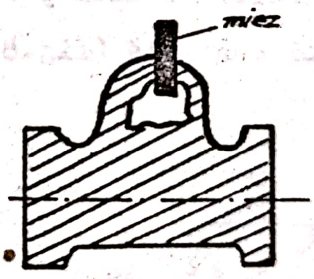


Fig. 8.58
Maselotă închisă cu miez.

Maselotele ulterior se îndepărtează cu scule aşchie-

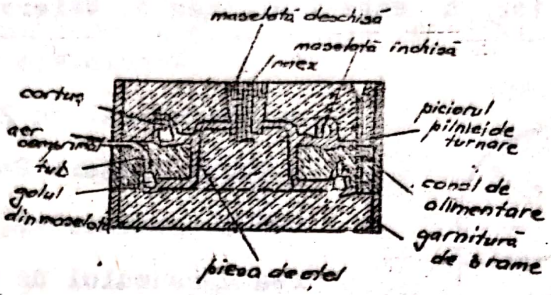


Fig. 8.59
Maselote deschise și închise la turnarea pieselor din oțel.

toare sau prin tăiere cu flacără oxiacetilenică, operație care necesită un consum apreciabil de manoperă și materiale.

Pentru ușurarea îndepărtării maselotelor se folosesc așa numitele <u>maselote strangulate</u> sau <u>ușor detașabile</u> la care baza maselotei este puternic gîtuită prin introducerea între piesă și maselotă a unei plăci ceramice subțiri avînd o gaură în partea ei centrală (fig.8.6o).

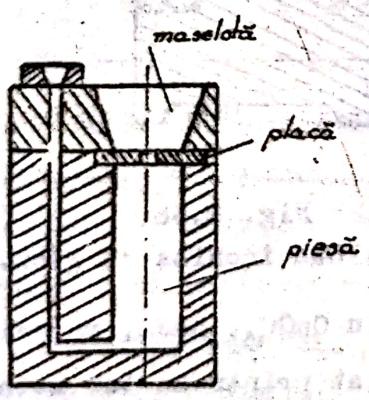


Fig. 8.6o

O astfel de maselotă poate fi îndepărtată ușor, chiar printr-o lovitură puternică de ciocan.

In procesul de solidificare a piesei, pentru a obține retasura în maselotă și de a se reduce la minimum pericolul formării crăpăturilor de contracție, se uniformizează viteza de solidificare și de răcire între părțile groase și cele subțiri ale pieselor prin utilizarea unor <u>răcitori metalici</u> incluși în formă în dreptul părților mai groase ale piesei. Folosirea răcitorilor se face

mai cu seamă în acele noduri termice unde construcţia piesei nu permite plasarea unor maselote. Răcitorii pot fi interiori şi exteriori.

Răcitorii interiori, sînt confecţionaţi din sîrme sau bare, cu o compoziţie chimică identică sau foarte apropiată de a metalului care se toarnă. Sînt curăţaţi de impurităţi (ulei, rugină etc) prin sablare şi uneori se recomandă protejarea suprafeţelor lor prin cuprare sau cositorire. Se folosesc în general la piese mici şi mijlocii. In formă sînt susţinuţi de cîrlige, colţar, scoabe şi cuie (fig.8.61.).

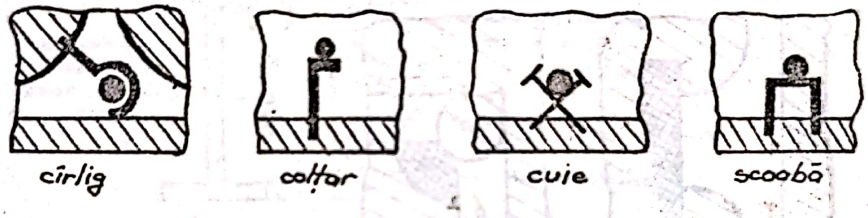


Fig. 8.61

In frecvente cazuri sînt folosite drept răcitori cuiele de construcţii (fig.8.62.a), sîrmele în formă de spirală (fig. 8.62.b), sau bare metalice aşezate în formă ca un miez (fig. 8.62.c).

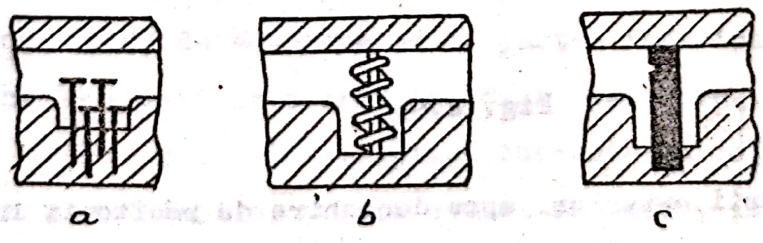


Fig. 8.62

Răcitorii interiori rămîn înglobaţi în corpul piesei.

Răcitorii exteriori. Sînt confecţionaţi din materiale

cu conductibilitate termică ridicată. Astfel răcitorii exteriori de configuraţie simplă se execută din oţel (tablă, benzi, profile laminate) iar cei de configuraţie mai complicată sînt turnaţi din fontă.

Montarea lor în forme se face în vecinătatea noduriler termice aşa cum se prezintă spre exemplificare în fig. 8.63.

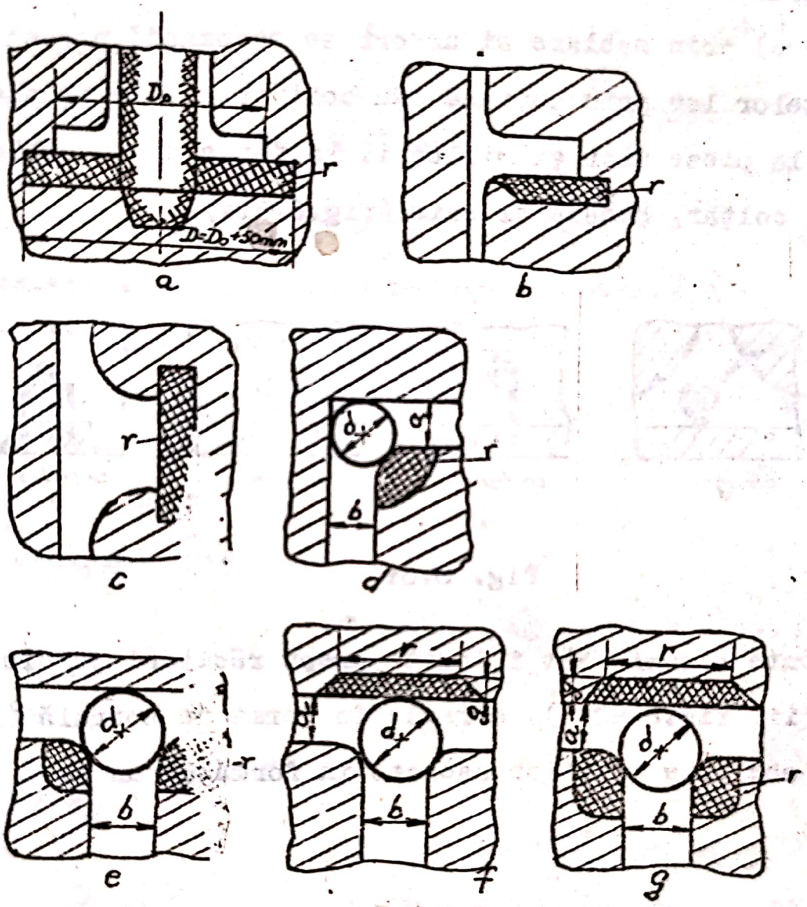


Fig. 8.63

Răcitorii exteriori spre deosebire de răcitorii interiori sînt recuperabili.

Reţeaua de turnare trebuie astfel construită încît turnarea să se facă liniştit fără vîrtejuri şi fără a distruge forma respectivă. Pentru o mai bună alimentare a piesei cu me-

l lichid în timpul solidificării acesteia, este necesar ca maselota să conţină metal în stare lichidă pînă la terminarea solidificării complete a piesei turnate, deci la umplerea formei trebuie să ajungă în maselotă metal cu temperatură cît mai ridicată. Acest lucru se realizează de exemplu la turnarea prin sifon, prin alimentarea maselotei cu un canal suplimentar de alimentare care leagă maselota direct cu piciorul pîlniei de turnare aşa cum arată în fig. 8.64.

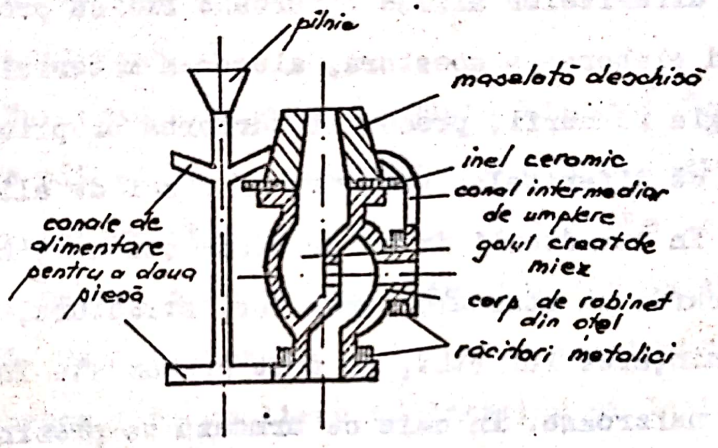


Fig. 8.64
Reţeaua de turnare pentru o piesă din oţel

Datorită fluidităţii scăzute, pentru asigurarea umplerii formelor şi a separării zgurii îndeosebi la turnarea pieselor cu pereţi subţiri se recomandă ca turnarea să se facă din oale cu orificiul de scurgere pe la partea inferioară.

Oţelul de obicei se toarnă în forme temporare. In cazul pieselor mici de precizie se aplică turnarea în coji, ori turnarea cu modele fuzibile. Uneori oţelul se toarnă în cochile sau centrifug.

8.11. Elaborarea şi turnarea pieselor din aliaje neferoase

Cele mai întrebuinţate aliaje neferoase pentru turnarea pieselor sînt:

- aliajele cuprului, aluminiului şi magneziului. De asemenea se mai prelucrează prin turnare şi aliajele antifricţiune.

Turnarea diferitelor aliaje neferoase ridică probleme specifice privind elaborarea acestora, alegerea materialelor de formare, tehnologia formării, precum şi turnarea propriu-zisă. Menţionăm faptul că diferitele categorii şi mărci de aliaje neferoase folosite în turnătorii în ce priveşte compoziţia lor chimică, clasificarea şi standardizarea lor, structura, proprietăţile şi întrebuinţarea lor etc., au fost prezentate în capitolul 6 - aliaje neferoase. In cele ce urmează se prezintă numai particularităţi specifice privind elaborarea şi prelucrarea acestora prin turnare.

8.11.1. Elaborarea şi turnarea aliajelor de cupru

Din categoria aliajelor de cupru sînt folosite frecvent în turnătorie bronzurile şi alamele.

La elaborarea acestora încărcătura metalică este alcătuită din cupru tehnic, deşeuri topite şi turnate în blocuri, prealiaje între cupru şi metalul de aliere respectiv, dezoxidanţi (cupru fosforos cu 10% P) şi fondanţi (borax, clorura de sodiu, clorura de bariu, fluorura da calciu, silicaţi de sodiu etc), care serveso la formarea unei zguri fluide şi la protejarea aliajului contra oxidării. Deseori pentru protecţie se foloseşte mangal.

Elaborarea se efectuează în diferite tipuri de cuptoare de topire cu creuzet, cuptoare rotative cu flacără şi cuptoare electrice cu arc indirect sau cu inducţie. În general elaborarea decurge în felul următor: după topirea încărcăturii de cupru şi fondanţi se face o dezoxidare cu ajutorul cuprului fosforos, care se introduce în baie în procent de 0,2 - 0,3% din greutatea aliajului şi se amestecă intens. Se încarcă apoi elementele sau prealiajele necesare pentru aliere, se amestecă din nou şi se supraîncălzeşte baia pînă la temperatura de turnare propriu-zisă.

Turnarea aliajelor de cupru se poate face atît în forme temporare cît şi în forme permanente. La executarea formelor temporare, granulaţia amestecului de formare trebuie să fie mai fină, pentru a se obţine piese turnate cu suprafaţă netedă şi curată. Pentru miezuri se folosesc amestecuri preparate din nisip cuarţos fin, cu liant de dextrină şi leşie sulfitică.

Pentru piesele mari formele se usucă şi se vopsesc cu emulsie de grafit.

La turnarea în forme permanente acestea se vopsesc în prealabil cu vopsele de petrol şi negru de fum sau din dioi şi grafit pentru a se evita lipirea pieselor de pereţii formelor respective. Proprietăţile de turnare ale aliajelor de cupru se caracterizează prin temperatură scăzută de topire, fluiditate mare, contracţie mare (1 - 1,6%), oxidare uşoară formîndu-se pelicule de oxizi pe suprafaţa lor şi tendinţă mare de segregare mai ales în cazul bronzurilor,

Pentru evitarea formării retasurilor de contracţie în forme se prevăd maselote suficient de mari în părţile masive ale piesei pe unde se va face şi alimentarea.

Turnarea se face de la înălţime mică, fără să se intre-

rupă vîna de metal. Trebuie să se asigure o umplere liniştită a formei, fără vîrtejuri şi fără a se produce stropi. In acest scop, se recomandă să se toarne prin sifon.

La bronzurile de aluminiu metalul se introduce de cele mai multe ori în formă prin sifon, ţinînd seama de faptul că acest aliaj se oxidează puternic şi că are contracţie mare. La turnarea bronzului cu staniu şi plumb, metalul se amestecă în oală pentru a preveni segregarea plumbului.

Alama cu conţinut de mangan trebuie turnată repede pentru a reduce separarea oxizilor de zinc şi a preveni apariţia defectelor superficiale ale pieselor.

8.11.2. Elaborarea şi turnarea aliajelor de aluminiu

Pentru elaborarea aliajelor de aluminiu se întrebuinţează de obicei cuptoare cu creuzet sau cuptoare electrice, cu rezistenţă sau cu inducţie. Din cauză că aliajele topite se oxidează uşor şi absorb multe gaze la supraîncălzire, nu se recomandă topirea lor în cuptoare cu flacără sau în cuptoare electrice cu arc. Încărcătura metalică la elaborare este alcătuită din blocuri de aluminiu, deşeuri proprii de turnătorie (maselote, reţele de turnare, rebuturi), piese uzate şi prealiaje (cu siliciu, cupru, magneziu etc.).

La topirea şi turnarea aliajelor de aluminiu apar dificultăţi datorită faptului că ele absorb multe gaze şi prezintă o mare afinitate faţă de oxigen. Pentru protecţia băii împotriva oxidării şi captarea incluziunilor la suprafaţa băii topite se crează un strat protector de fondanţi sau săruri topite formate din clorurile şi fluorurile metalelor alcaline (elaborare sub strat de fondanţi). Temperatura de topire a fondanţilor trebuie să fie cuprinsă în general între 500 - 600°C.

In vederea obţinerii unor piese turnate de bună calitate sau imaginat şi alte metode de elaborare prin rafinarea aliajului lichid şi anume:rafinarea cu gaze,cu săruri şi prin retopire.

Elaborarea prin rafinare cu gaze se face în felul următor: după topirea încărcăturii se face o amestecare îngrijită a aliajului, care se încălzeşte la 660-680° şi se rafinează prin suflare de clor timp de 10-14 minute. Clorul reacţionează cu aluminiul, hidrogenul etc. formîndu-se produse gazoase de $AlCl_3$, HCl, şi Cl_2 care se degajă antrenînd în drumul lor prin metal Al_2O_3,SiO_2 şi gazele dezvoltate.

In aceleaşi condiţii se poate face rafinarea şi cu suflare de azot.

- Elaborarea prin rafinare cu săruri,se aplică atunci cînd nu se poate face rafinarea cu clor.

Procedeul este similar,numai că în loc de gaze se introduce în baia încălzită pînă la 700°C şi topită,$ZnCl_2$,$TiCl_4$ şi $BaCl_3$ acestea reacţionează cu aluminiu formînd produsul gazos $AlCl_3$ care curăţă aliajul.Deoarece $AlCl_3$ se degajă încet din metal, este necesar ca după introducerea sărurilor şi agitării băii să se menţină metalul lichid un timp oarecare în cuptor pentru a preveni formarea de sufluri în piesele turnate.

- Elaborarea prin aplicarea retopirii se foloseşte frecvent atunci cînd încărcătura conţine o cantitate de metal care a fost utilizată.

Procedeul se bazează pe faptul că în timpul solidificării metalelor neferoase,majoritatea gazelor se elimină.La repetarea topirii, metalul formează o masă compactă acoperită de zgură,iar după a doua topire,aliajul se încălzeşte pînă la temperatura prescrisă,apoi se toarnă. La producţia individuală şi în serie mică aliajele de aluminiu se toarnă în forme temporare obişnuite, iar la producţia în serie mare şi în masă se folosesc forme metalice (permanente).

Amestecul de formare trebuie să fie permeabil şi să prezinte o compresibilitate bună pentru a nu frîna contracţia pieselor şi a nu cauza apariţia crăpăturilor.La turnarea pieselor mari, formele se usucă bine,iar piesele mici se toarnă în forme crude. Formele metalice înainte de turnare trebuie să fie preîncălzite la temperaturi între 150-300°C.

La turnarea pieselor din aliaje de aluminiu trebuie să se dea o atenţie deosebită executării corecte a reţelelor de turnare şi aşezării maselotelor care uneori depăşesc 50-80% din greutatea piesei turnate. La partea de jos a piciorului de turnare se montează de obicei filtru pentru reţinerea zgurii. Canalele de aerisire ale formelor trebuie să fie mari ca să asigure pe lîngă eliminarea gazelor şi alimentarea pieselor cu metal lichid, deci să joace şi rol de maselote. Prin turnarea aliajelor de aluminiu în forme metalice se obţin piese cu proprietăţi mecanice superioare, mai ales la aplicarea procedeului de turnare sub presiune şi a procedeului de turnare centrifugă.

8.11.3. Elaborarea şi turnarea aliajelor de magneziu

Aliajele de magneziu se elaborează în cuptoare electrice cu creuzet metalic, cuptoare cu flacără cu creuzet sau în cuptoare speciale cu vid, sau în cuptoare cu atmosferă de gaze protectoare. Creuzetele se confecţionează din oţel moale, fie prin turnare, fie prin sudare avînd capacităţi între 50-500 kg.

Incărcătura metalică se compune din magneziu tehnic sub formă de blocuri, deşeuri, piese vechi şi prealiaje sau metale pure pentru aliere. Din cauza puternicei tendinţe de oxidare, topirea se face întotdeauna sub un strat de fondant compus din amestecuri de cloruri şi fluoruri ale metalelor alcaline etc. Se mai adaugă modificatori: carbonaţi de calciu, de ceriu şi

zirconiu şi carbonat de fier.

La elaborare în creuzetul preîncălzit, se topeşte mai întîi fondantul, apoi se introduce magneziu şi la sfîrşit prealiajele care conţin elementele de aliere. După topire baia se încălzeşte la cca 700°C şi se face rafinarea metalului, amestecîndu-se fondantul cu aliajul 5-10 minute şi adăugîndu-se fondant proaspăt pentru rafinare. La temperatura de 710°C cînd greutatea specifică a fondanţilor devine mai mare decît a aliajului, fondanţii încep să coboare antrenînd în drumul lor toate incluziunile nemetalice pe care le depun pe fundul creuzetului. In final se adaugă fondant proaspăt şi se supraîncălzeşte aliajul pentru modificarea structurii la 850-900°C timp de 10-15 minute. Apoi pentru turnare metalul se lasă să se răcească la 700-750°C. Pentru a preveni aprinderea provocată de oxigenul rezultat din descompunerea apei conţinută în amestecul de formare la contactul cu metalul topit care poate duce la explozia formei, amestecurile de formare pentru aliajele de magneziu se prepară cu acid boric (0,25 ... 1%) şi sulf (0,25 ... 0,3%). La uscarea formelor şi miezurilor acidul boric formează o glazură care izolează metalul de contact cu umezeala amestecului de formare. In momentul umplerii formei, sulful arde şi se formează între metal şi pereţii formei un strat protector de bioxid de sulf.

Contracţia aliajelor de magneziu este de 1-1,9% şi de acest lucru trebuie să se ţină seama la executarea miezurilor, care trebuie să fie compresibile.

La turnarea în forme permanente nu există pericol de explozie, structura pieselor va fi mai fină, rezultînd proprietăţi mecanice superioare.

Adeseori alimentarea formelor cu metal topit se face prin mai multe puncte asigurîndu-se o umplere normală şi răcire

uniformă. De asemenea formele sînt prevăzute cu colector de zgură şi filtre. Pentru a preveni defectele cauzate de contracţie părţile masive ale pieselor sînt prevăzute cu maselote. Turnarea aliajelor de magneziu se execută de la înălţime mică, iar impurificarea cu gaze a aliajului la contactul cu aerul se previne prin pudrarea jetului de metal cu pulbere de sulf, care formează vapori şi bioxid de sulf ce feresc metalul de contactul direct cu aerul din atmosferă.

8.11.4. Turnarea aliajelor pentru lagăre

Compoziţiile obişnuite de lagăre sînt de două tipuri: pe bază de staniu şi pe bază de plumb.

Topirea acestor aliaje se face de obicei în creuzete de grafit. Temperatura de turnare este de 400-500°C pentru aliajele pe bază de plumb şi sub 300°C pentru aliajele pe bază de staniu.

Turnarea se face de obicei pe carcase de oţel, care în prealabil sînt cositorite pentru a se asigura o aderenţă bună.

In ce priveşte bronzurile de lagăre obişnuite (bronzuri de staniu, de plumb şi bronz fosforos) se toarnă de obicei individual în carcasă de oţel.

45.

8.12. Dezbaterea, curăţirea şi tratamentul termic al pieselor turnate

8.12.1. Dezbaterea pieselor turnate

Este operaţia de scoatere a piesei turnate din forma în care s-a solidificat. Cu toate că operaţia în sine este simplă, condiţiile de lucru sînt neplăcute din cauza radiaţiei pieselor calde, a prafului, şi a gazelor care se degajă.

Dezbaterea se execută după răcirea totală sau parţială

(în cazul producţiei de serie). Temperatura maximă admisibilă depinde de aliajul turnat, de complexitatea pieselor şi de materialul formelor. Astfel, de exemplu, pentru piesele turnate din fontă în forme temporare de amestec, această temperatură este în jur de 400-350°C . O dezbatere la temperaturi prea înalte poate produce prin răcirea prea rapidă şi neuniformă a pieselor turnate, apariţia tensiunilor mari şi a crăpăturilor.

Dezbaterea se poate efectua manual sau mecanic.

Dezbaterea manuală se aplică la producţia individuală, care constă la piesele mici în scoaterea lor din forme cu ajutorul unor cîrlige sau răngi, iar la pieesele mari în suspendarea ramei de format de cîrligul macaralei sau a podului rulant şi aplicarea de lovituri ramei cu ciocanul şi cu răngi amestecului de formare.

Dezbaterea mecanică se aplică la producţia de serie mare şi în masă folosindu-se în acest scop diferite utilaje şi instalaţii dintre care amintim:

- traverse vibratoare
- grătare vibratoare pneumatice
- grătare mecanice (cu comanda prin came, cu contragreutate excentrică)
- grătare vibratoare electromagnetice
- dezbaterea hidraulică a miezurilor
- maşini mecanice pentru dezbaterea miezurilor.

Traverse vibratoare. In fig. 8.65 se prezintă schema unei traverse vibratoare. Constă din două vibratoare pneumatice, 2 suspendate pe traversa macaralei 1.

Forma se prinde de aceste vibratoare în cîrligele 3.Cu ajutorul mînerului 5 se deschide supapa de admitere a aerului, care pătrunzînd în vibratoare le face să vibreze şi astfel for-

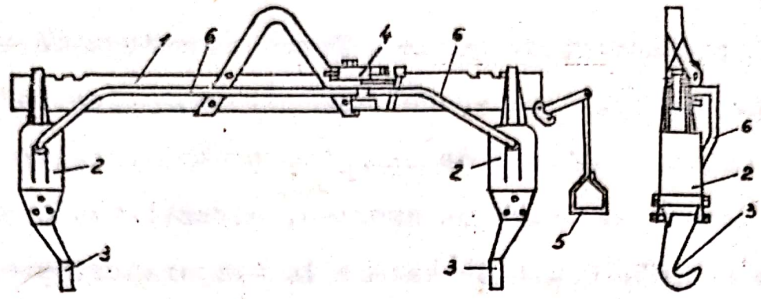


Fig. 8.65
Traversă vibratoare
1-traversă; 2-vibratoare pneumatică; 3-cîrlige; 4-supapă de comandă; 5-mîner de comandă; 6-conductă pentru aer.

ma va fi scuturată. Traversele vibratoare se folosesc pentru dezbaterea formelor de dimensiuni mari şi în general la producţia de serie mică. Pentru producţia în serie mare dezbătătoarele obişnuite sînt grătarele vibratoare de dezbatere de diferite tipuri:

Dezbaterea pe grătare pneumatice se foloseşte frecvent în turnătoriile mecanizate. Schema de principiu a unui asemenea utilaj este prezentată în fig. 8.66.

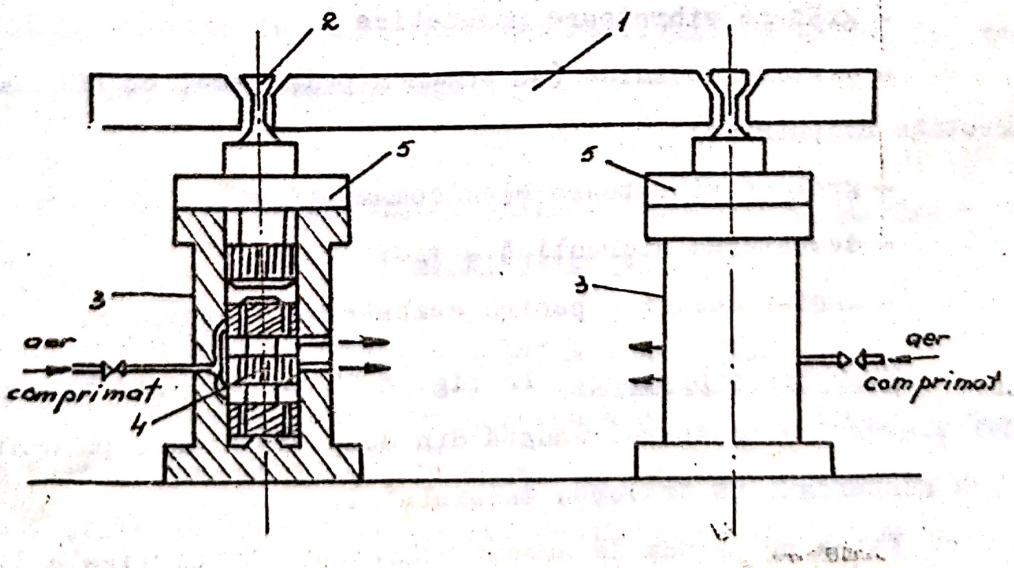


Fig. 8.66
1-grătar; 2-suport; 3-cilindri; 4-pistoane libere (sertăraş); 5-piese de şoc.

Grătare vibratoare mecanice. In fig. 8.67 se prezintă schema unui grătar vibrator mecanic cu comandă prin came.

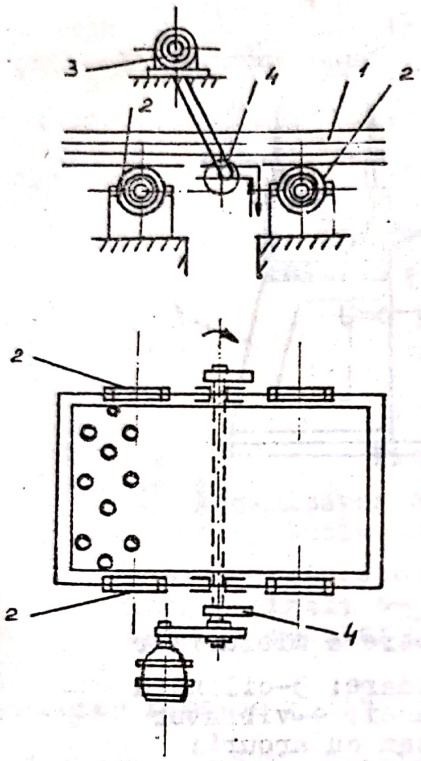


Fig. 8.67
Grătar vibrator mecanic.
1-grătar; - 2 role; - 3 motor; 4 came.

Mașinile de dezbătut sînt montate în general deasupra unei benzi care transportă amestecul folosit dezbătut din formă, la stația de preparare a amestecului de formare pentru reutilizare.

Dezbaterea hidraulică se aplică pieselor mari și miezurilor. Piesele se așază pe o masă rotativă într-o încăpere închisă peste ele se îndreaptă un jet de apă la presiunea de 25-100 daN/cm^2 .

Metoda permite regenerarea unei părți importante a amestecului de miez. La dezbaterea hidraulică a miezurilor nu se formează praf și randamentul procedeului este ridicat.

Dezbaterea mecanică a miezurilor. La piesele turnate individual sau în serie mică dezbaterea miezurilor se face manual cu ajutorul dălților de mînă sau a răngilor. Se folosesc de asemenea frecvent în acest scop ciocanele pneumatice, sînt traversele vibratoare. La piesele mici cu miezuri, cu lianți organici, dezbaterea miezurilor se realizează practic pe grătarele de dezbatere la dezbaterea formelor.

In cazul pieselor mijlocii și mari pentru dezbaterea

miezurilor se utilizează maşini speciale de dezbatere a miezurilor. In fig. 8.68 se prezintă schema unei instalaţii pneumatice de dezbatere a miezurilor prevăzut cu un piston de strîngere 3 şi cu un cilindru pneumatic de scuturare 4 care se deplasează pe un sistem de ghidaje orizontale.

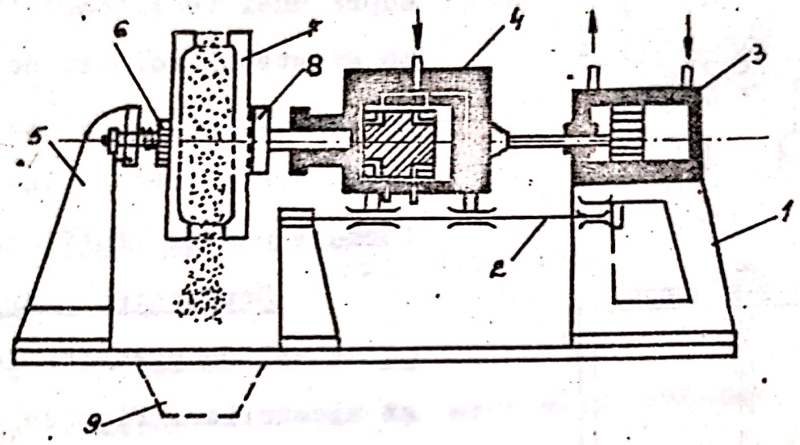


Fig. 8.68

Instalaţie pneumatică de dezbatere a miezurilor
1-batiul maşinii; 2-bare de ghidare; 3-cilindru pneumatic pentru strîngerea piesei; 4-vibrator pneumatic; 5-reazem fix; 6-reazem cu arcuri; 7-piesa; 8- berbec; 9-buncăr de evacuare.

Mişcarea oscilantă transmisă de la pistonul liber al vibratorului pneumatic, prin berbec, la piesa turnată produce dezbaterea miezurilor. Materialul îndepărtat din cavităţile piesei cade într-un buncăr de evacuare. Productivitatea acestor instalaţii ajunge la cca 120 piese/oră. In turnătoriile mari moderne cu conveior dezbaterea este mecanizată.Astfel formele care ies din tunelul lung de răcire pe un conveior cu mişcare lentă sînt împinse pe grătarul vibrator de dezbatere cu ajutorul unui împingător pneumatic transversal 1 (fig.8.69).

Pe grătarul vibrator se realizează dezbaterea, formele înaintînd cu ajutorul unui împingător pneumatic longitudinal 3.

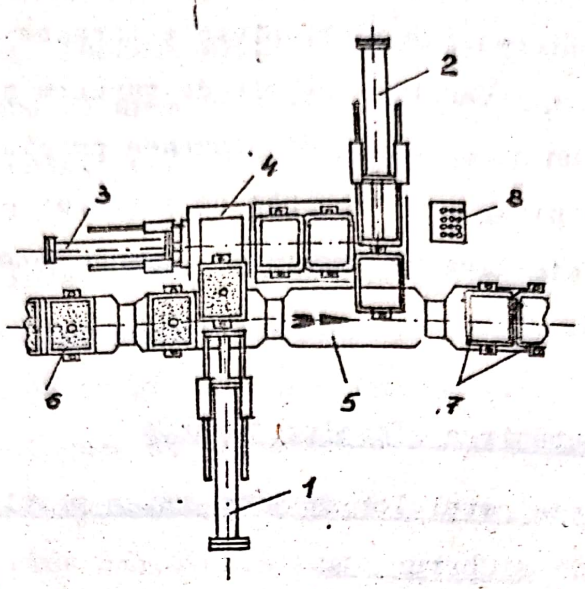


Fig. 8.69

Mecanizarea dezbaterii într-o turnătorie cu conveior.

1 şi 2-împingătoare transversale; 3-împingător longitudinal; 4-grătar vibrator; 5-conveior; 6-forme răcite; 7-rame; 8-panou de comandă.

Readucerea ramelor golite pe conveior se realizează cu împingătorul transversal 2. Ramele golite sînt aduse de conveior lîngă maşinile de format. Toate aceste operaţii sînt comandate de către un singur muncitor de la un panou de comandă cu butoane.

Sub grătarele vibratoare în subsolul turnătoriei sînt plasate benzile transportoare care aduc amestecul dezbătut din forme la secţia de preparare a amestecului de formare pentru a fi reutilizat. Prin mecanizarea cît mai completă a dezbaterii şi a transportului s-a reuşit să se uşureze foarte mult condiţiile de muncă în turnătoriile moderne. Pentru îmbunătăţirea în continuare a acestor condiţii, tendinţa actuală în turnătoriile moderne este automatizarea completă a operaţiilor de dezbatere, eliminînd integral degajările de praf şi ferind pe muncitor de influenţa vibraţiilor puternice ale grătarelor de dezbatere care pot solicita intens sistemul nervos.

După dezbaterea formelor, piesele turnate dezbătute au bavuri în planul de separaţie, reţele de turnare şi maselote care fac corp comun cu piesa şi de asemenea prezintă o suprafaţă cu aderenţe de nisip ars. Inainte de livrarea pieselor pentru prelucrare toate acestea trebuiesc îndepărtate şi suprafaţa pieselor curăţată.

8.12.2. Curăţirea pieselor turnate

Indepărtarea reţelelor de turnare, a maselotelor şi bavurilor

Indepărtarea reţelelor de turnare şi a maselotelor se face diferit în funcţie de natura aliajului din care este turnată piesa.

Astfel în cazul pieselor turnate din fontă ele pot fi îndepărtate prin lovituri bine dirijate de ciocan. In cazul pieselor turnate din aliaje tenace (oţel, aliaje neferoase), se utilizează ferăstraie cu bandă sau circulare.

In cazul pieselor mari turnate din oţel, reţelele de turnare şi maselotele se îndepărtează în mod obişnuit prin tăiere cu flacără oxiacetilenică, sau cu discuri fără dinţi, dar cu viteză periferică foarte mare (cca 140 m/s).

Menţionăm că în acest scop mai nou sînt folosite şi ferăstraiele mecanico-electrice. Aici piesa şi discul-sculă sînt fixate într-un dispozitiv de prindere şi legate la bornele unui transformator de sudură. Intre piesă şi discul care se roteşte cu viteză mare se formează un arc electric care permite tăierea rapidă a reţelelor de turnare şi a maselotelor. La producţia de serie mare şi masă pentru tăiere se mai folosesc şi maşini de frezat semiautomate.

In cazul pieselor mici din oţel şi aliaje neferoase se pot folosi pentru tăierea reţelelor de turnare şi maselotelor şi prese cu excentric care efectuează tăierea printr-o operaţie de forfecare.

Pentru îndepărtarea bavurilor şi pentru netezirea zonelor de unde s-au îndepărtat reţelele de turnare şi maselotele, pot fi folosite dălţi manuale sau pneumatice (în cazul pieselor mari) şi polizoare de diferite tipuri. Curăţirea cu dălţi pneumatice este o operaţie obositoare, zgomotul şi vibraţiile care se produc sînt dăunătoare organismului muncitorilor.

Pentru curăţirea pieselor mici de surplusul de metal se folosesc frecvent polizoarele staţionare cu două discuri abrazive ce sînt protejate de carcase de tablă sudată, legate de un sistem de aspirare a prafului. Viteza periferică a discurilor este între 25 ... 30 m/s, iar diametrul lor iniţial este de 500 ... 600 mm.

La curăţirea pieselor mijlocii şi mari se folosesc cu succes polizoarele pendulare, suspendate prin articulaţii care permit mişcarea lor liberă, deasupra pieselor supuse curăţirii. In fig. 8.7o se prezintă schematic un asemenea polizor.

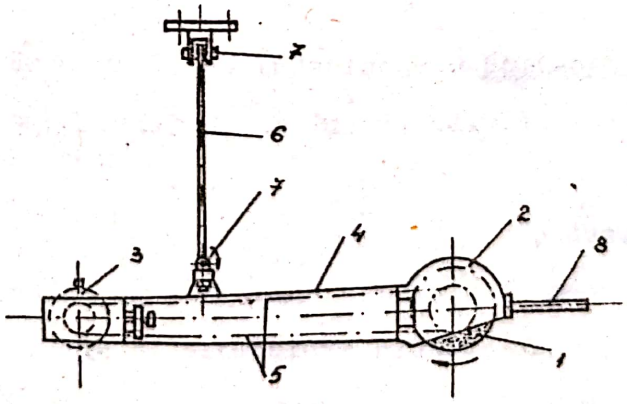


Fig. 8.7o
Polizor pendular pentru curăţirea pieselor turnate.

1-disc abraziv; 2-carcasă; 3-motor; 4-braţ pendular; 5-curele trapezoidale; 6-tijă; 7-articulaţii; 8-mîner.

Pentru curăţirea cavităţilor interioare în cazul pieselor mari se folosesc polizoare portative cu ax flexibil sau polizoare pneumatice, la care axul discului abraziv este rotit de către o mică turbină acţionată cu aer comprimat la 5...6 daN/cm^2. Diametrul iniţial al discurilor abrazive folosite este de 150 ... ... 200 mm. Pentru curăţirea unor cavităţi greu accesibile se pot folosi şi discuri mult mai mici de diferite forme (cilindrice, sferice, tronconice etc).

In turnătoriile moderne, cu producţie de serie mare, se aplică o mecanizare avansată şi la operaţiile de curăţire a bavurilor şi a altor surplusuri metalice, folosindu-se în acest scop maşini semiautomate sau automate.

47. ✱

8.12.3. Curăţirea pieselor turnate de aderenţe

Curăţirea constă în îndepărtarea nisipului ars care aderă puternic de suprafeţele pieselor turnate. Această operaţie se execută manual sau mecanic.

Curăţirea manuală se poate face cu perii de sîrmă, cu ajutorul ciocanului pneumatic cu daltă, sau prin lovirea piesei cu ciocanul. Productivitatea curăţirii manuale este redusă şi calitatea slabă.

Curăţirea mecanică (mecanizată) se efectuează în instalaţii de curăţire de diferite tipuri şi în diferite moduri cum ar fi :

- tobe rotative
- aparate de sablat cu aer comprimat cu alice sau nisip
- aparate de sablat prin proiectare de alice
- aparate de sablat hidraulice
- tunele de curăţire
- curăţirea pieselor pe cale chimică, etc.

Tobele rotative de curăţire sînt aparate ce curăţă piesele prin frecare şi sînt folosite la curăţirea pieselor mici şi cu pereţi nu prea subţiri. Tobele rotative au o formă cilindrică (fig. 8.71) , sau uneori prismatică , cu dimensiuni de la cca 800 x 1500 la 1500 x 2500 . Ele se rotesc cu 20 - 60 ture/min . Toba se încarcă la cca 3/4 din volum cu piese şi cu bucăţi (steluţe) mici de fontă albă de dimensiuni de 20 - 65 mm în proporţie de 30 - 35 % din greutatea pieselor.

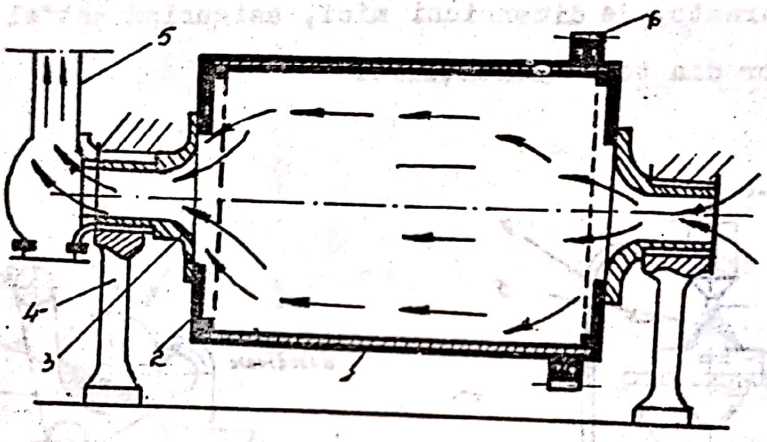


Fig. 8.71

Tobă rotativă de curăţire a pieselor turnate.
1-mantaua din tablă de oţel; 2-pereţi frontali turnaţi; 3-axe găurite; 4-suporturi de lagăre; 5-tub colector pentru trecerea prafului la filtru; 6-coroană dinţată.

Prin învîrtirea tobei piesele şi steluţele se rostogolesc, se freacă între ele şi se produce curăţirea pieselor. Durata unui ciclu de curăţire este între 0,5 ... 1,5 ore. După curăţire, piesele capătă o suprafaţă metalică curată, mată. In turnătoriile moderne mai nou se extind tobele de curăţire vibratoare.

Aparate de sablat cu aer comprimat, cu alice sau nisip. Aici curăţirea se face prin suflare asupra piesei a unui jet de nisip sau de alice de fontă albă sau de oţel cu ajutorul

aerului comprimat. In cazul folosirii nisipului presiunea aerului este de 2 ... 4 daN/cm^2, iar la alice de fontă este de 5-7 daN/cm^2. Curăţirea se efectuează în instalaţii închise sau în camere de sablaj.

In fig. 8.72 se prezintă schema de principiu a unei instalaţii de sablaj cu jet de nisip, iar în fig. 8.73 se prezintă schema unei instalaţii semiautomate de sablaj cu nisip sau cu alice, cu bandă transportoare grătar care în timpul funcţionării instalaţiei amestecă prin rostogolire încărcătura de piese turnatc, de dimensiuni mici, asigurînd astfel sablarea pieselor din toate direcţiile.

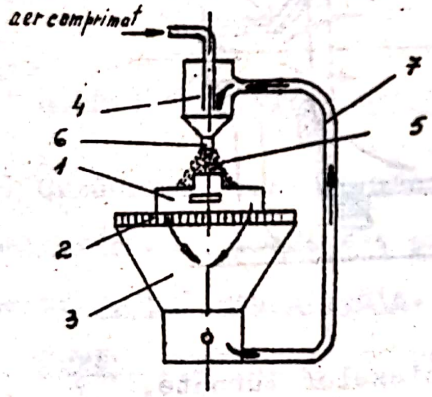


Fig.8.72.

Schemă de principiu a unei instalaţii de sablaj.

1-piesa turnată; 2-grătar; 3-buncăr; 4-cameră de amestec; 5-jet de nisip; 6-diuză; 7-sistem de recirculare pentru nisip.

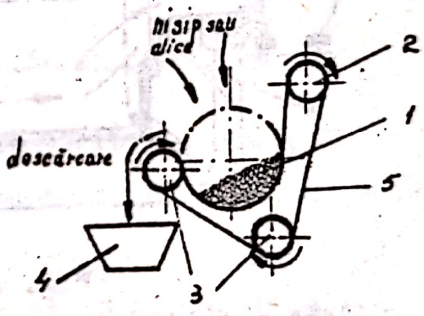


Fig.8.73.

Schema unei instalaţii semiautomate de sablaj.

1-piese; 2-rolă de antrenare; 3-role; 4-cutia de transport; 5-bandă grătar.

După curăţire prin schimbarea sensului de mişcare a benzii se realizează descărcarea automată a pieselor din instalaţie. Ambele instalaţii prezentate mai sus sînt ermetic închise. Uşa se deschide numai în perioadele de încărcare, respectiv descărcare.

Aparate de sablat cu proiectare de alice. Acestea înlocuiesc în anumite cazuri sablarea prin suflare. Sablarea se realizează prin proiectarea centrifugală a alicelor cu ajutorul unui cap aruncător.

In fig. 8.74 se prezintă schema unei camere de curățire pentru piese mari cu ajutorul alicelor aruncate de două turbine.

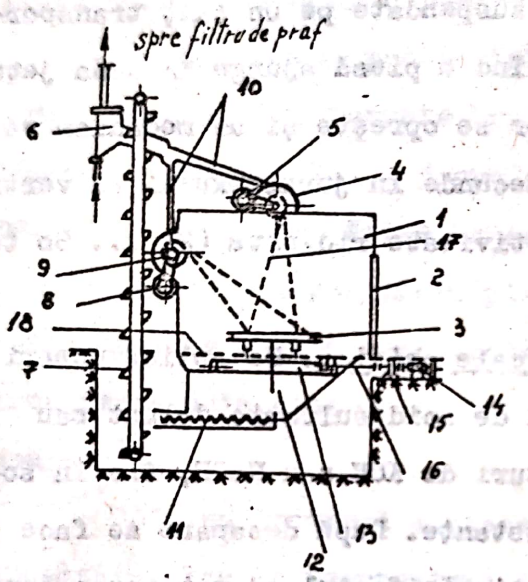


Fig. 8.74
Cameră de curățire prin sablaj cu alice.

1-cameră; 2-ușa; 3-cărucior; 4-cap aruncător I; 5-motor electric; 6-separator de praf; 7-elevator cu cupe; 8-motor; 9-cap aruncător II; 10-conducte de alimentare cu alice; 11-transportor cu melc; 12-buncăr; 13-platformă rotativă; 14-motor; 15-reductor; 16-ax de antrenare; 17-jet de alice; 18-grătar.

Piesele sînt așezate pe un cărucior care se află pe o platformă rotativă, pusă în mișcare de către un motor electric prin intermediul unui reductor și cuplaj elastic. Camera este blindată cu plăci din oțel manganos sau din fontă albă. Alicele după ce lovesc piesele cad prin grătarul de la baza camerei într-un buncăr de unde sînt evacuate de către un transportor cu melc și ridicate de un elevator cu cupe ajungînd într-un separator de praf unde prafful este evacuat cu ajutorul unui ventilator și a unui sistem de filtrare, iar alicele sînt reintroduse în circuit.

Aparate de sablat hidraulice. Curățirea hidraulică se efectuează cu un jet de apă cu presiune de 80-120 daN/cm^2 și se folosește în cazul pieselor mari. Instalațiile moderne de

curăţire hidraulică combină jetul de apă cu jetul de nisip şi astfel acţiunea de curăţire este mult îmbunătăţită. Un avantaj important al procedeului hidraulic de curăţire este că în timpul operaţiei nu se produce praf, în schimb dacă piesele nu sînt uscate se corodează rapid.

Tunele de curăţire. Sînt cele mai moderne agregate de curăţire, echipate cu 2 ... 6 capete aruncătoare de alice. Piesele se deplasează prin tunel suspendate pe un lanţ transportor cu mişcare intermitentă. Cînd o piesă ajunge în zona jetului de alice lanţul transportor se opreşte şi un mecanism va roti piesa timp de 3o ... 4o secunde în jurul axului ei vertical. Sînt agregate cu o productivitate ridicată (2o ... 6o tone de piese turnate pe oră).

Curăţirea pieselor pe cale chimică. Se aplică uneori curăţirea prin decapare în băi de acid sulfuric diluat sau menţinînd piesele fie în topituri de KOH sau NaOH, fie în soluţiile apoase ale acestor substanţe. După decapare se face o spălare şi o neutralizare. Menţionăm faptul că mai nou a început să fie introduse în practică şi metode electro-chimice de curăţire a pieselor turnate.

48.

8.12.4. Tratamentul termic al pieselor turnate

Pentru îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice şi a proprietăţilor de prelucrare prin aşchiere anumite categorii de piese turnate după dezbatere sînt supuse unor operaţii de tratamente termice, alese în funcţie de natura aliajului turnat şi în funcţie de scopul urmărit. Astfel:

In cazul pieselor turnate din fontă se aplică,

- Recoacerea pentru detensionare aplicat în scopul eliminării tensiunilor interne remanente, care iau naştere la tur-

nare. Constă dintr-o încălzire de cca 550°C timp de 3 ... 5 ore urmată de răcire lentă.

- Recoacerea pentru înmuiere, se aplică îndeosebi pentru descompunerea cementitei libere din structura fontei și pentru îmbunătățirea prelucrabilității unor piese turnate din fontă cenușie perlitică. Constă într-o încălzire la cca 900°C timp de 1 ... 3 ore urmată de o răcire lentă.

- Normalizarea, pentru îmbunătățirea caracteristicilor mecanice ale pieselor turnate brut. Constă dintr-o încălzire la 860-950°C timp de 1 ... 3 ore pentru fiecare 25 mm grosime de perete urmată de o răcire în aer.

- Călirea și revenirea pieselor turnate se aplică uneori cu scopul de a mări rezistența la uzură a pieselor turnate. Călirea se face în ulei de la 850-950°C, urmată de o revenire la cca 600°C.

- Călirea izotermă a pieselor din fontă cenușie constă în încălzirea lor la temperatura de 850-900°C timp de 1-1,5 ore, urmată de o menținere de 0,5 ore într-o baie de sare la temperatura de 300 ... 350°C și apoi răcirea în aer.

Un alt tratament termic aplicat pieselor turnate din fonte albe este recoacerea de maleabilizare care a fost prezentată în partea I a cursului (vezi cap.3.6.4. pag. 454-458).

In cazul pieselor turnate din otel, acestea prezintă o structură grosolană, neuniformă și tensiuni interne pronunțate. Pentru eliminarea acestor neajunsuri și pentru obținerea unor proprietăți mecanice optime este recomandabil să fie supuse unui tratament de recoacere care constă dintr-o încălzire lentă pînă la 700 ... 900°C și o menținere la această temperatură timp de o oră pentru fiecare 35-50 mm grosime a pereților piesei, urmată de o răcire în cuptor pînă la 400°C și apoi în aer.

- In cazul pieselor turnate din aliaje neferoase de asemenea se aplică în mod frecvent tratamente termice în scopul îmbunătăţirii proprietăţilor mecanice şi eliminării tensiunilor interne. Astfel piesele turnate din aliaje de aluminiu şi de magneziu pot fi supuse unui tratament de călire urmată de îmbătrînire. Temperatura de călire a pieselor din aliaje de aluminiu este de 5oo ... 51o°C iar a pieselor din aliaje de magneziu 415°C. Răcirea se face în funcţie de destinaţie şi complexitatea piesei, în aer liniştit, în apă la 7o°C sau la 2o°C, cu jet de abur sau în curent de aer rece.

Imbătrînirea constă în încălzirea pieselor din aliaje de aluminiu la 15o ... 29o°C, timp de 1-2o ore şi a pieselor din aliaje de magneziu la 175°C timp de 16-18 ore în funcţie de calitatea aliajului şi de dimensiunile piesei turnate. Prin îmbătrînire compuşii chimici sînt reprecipitaţi din soluţia solidă suprasaturată obţinută prin călire, sub formă globulară, mărind duritatea şi rezistenţa aliajului.

Uneori piesele turnate din aceste aliaje sînt supuse unei recoaceri cu scopul de a înlătura tensiunile interne şi a mări plasticitatea.

In cazul pieselor din aliaje de aluminiu recoacerea constă în încălzirea pieselor din aliaje de aluminiu la 35o ... 4oo°C şi a pieselor din aliaje de magneziu la 25o ... 3oo°C, urmată de o răcire înceată.

Bronzurile obişnuite se tratează rar. Astfel pentru mărirea alungirii şi a rezistenţei la tracţiune în dauna rezistenţei la uzură, bronzurile cu staniu, zinc, plumb se încălzesc la 7oo°C.

Alamele se supun numai la tratamentul de recoacere, la temperaturi cuprinse între 6oo şi 7oo°C.

8.13. Metode speciale de formare şi turnare

Prin metode speciale de formare şi turnare se înţeleg acele metode care sînt caracterizate prin particularităţi tehnologice specifice sau prin caracteristici tehnologice deosebite, ele nefiind comune metodei clasice de formare şi de turnare a pieselor în forme temporare din amestec de formare.

Metodele speciale de formare şi turnare au fost elaborate, aplicate şi dezvoltate cu scopul de a îmbunătăţi proprietăţile pieselor turnate, de a mări precizia dimensională a acestora, de a mări productivitatea turnării, de a mări rentabilitatea executării pieselor prin turnare şi de a extinde şi mai mult domeniul de aplicare a turnării.

Cele mai importante şi mai des întîlnite metode speciale de formare şi turnare pot fi clasificate în două grupe mari:

1 - metode de turnare în forme permanente;

2 - metode de formare şi turnare speciale în forme temporare.

8.13.1. Metode de turnare în forme permanente.

Generalităţi

Procedeul de turnare în forme temporare din amestec de formare prezintă o serie de dezavantaje:

- formele pot fi folosite la o singură turnare;

- piesele obţinute prin turnare au o precizie mică şi un adaos de prelucrare mare, ceea ce duce la un consum mai mare de metal, de timp şi de combustibil la topire şi un volum mai mare de prelucrări prin aşchiere;

- executarea formelor necesită manoperă multă şi greoaie şi instalaţii costisitoare;

- structura metalului pieselor turnate în general au o granulaţie mare.

In raport cu turnarea în forme temporare, turnarea în forme permanente (durabile, în majoritatea lor din metale sau aliaje) prezintă următoarele avantaje principale:

- îmbunătăţirea caracteristicilor mecanice ale pieselor turnate cu lo ... 3o% ;

- îmbunătăţirea preciziei dimensionale şi calităţii suprafeţelor turnate;

- reducerea cu 5o ... 6o% a manoperei de formare, adaosurilor de prelucrare şi rebuturilor;

- reducerea consumului de materiale de formare şi miezuire;

- îmbunătăţirea indicatorilor tehnico-economici ai producţiei;

- asigurarea unor condiţii de muncă mai bune;

- reducerea preţului de cost la piesele turnate.

Dintre dezavantajele acestei metode se remarcă:

- costul ridicat al confecţionării formelor. Astfel din punct de vedere economic aplicarea procedeelor de turnare în forme permanente este justificată numai în producţia de serie mare şi în masă;

- conductivitatea termică ridicată a materialului formei, ceea ce determină pierderea rapidă a fluidităţii metalului şi deci o umplere dificilă a detaliilor formei, precum şi albirea superficială a pieselor din fontă, cu consecinţe nefavorabile asupra prelucrabilităţii în continuare;

- forma nu este compresibilă ceea ce măreşte tendinţa de formare a crăpăturilor în piesele turnate;

In cazul formelor permanente trebuie urmărite două aspecte tehnologice fundamentale:

- asigurarea evacuării uşoare a aerului şi a altor gaze din formă, pe măsura introducerii metalului lichid, astfel ca să nu se formeze o contrapresiune care să frîneze umplerea formei.

In acest scop se prevăd în construcţia formei şi se dimensionează corespunzător canale de aerisire şi răsuflători;

- asigurarea unei corelaţii corespunzătoare între temperatura materialului care se toarnă şi temperatura de topire a materialului formei.

Această problemă se rezolvă prin determinarea temperaturii ce se stabileşte la interfaţa metal lichid-formă, la umplerea formei şi dirijarea acesteia în timpul constituirii piesei turnate.

Pe baza calculelor de transmitere a căldurii se deduce că temperatura în momentul primului contact la interfaţa metal lichid-formă, are expresia :

$$\theta_o = \frac{\theta_1\sqrt{\lambda_1 c_1 \gamma_1} + \theta_2\sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2}}{\sqrt{\lambda_1 c_1 \gamma_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2}}$$

în care:

θ_1, θ_2 - sînt temperaturile iniţiale ale metalelor puse în contact;

λ_1, λ_2 - conductivităţile termice;

c_1, c_2 - căldurile specifice;

γ_1, γ_2 - greutăţile specifice ale celor două metale.

Considerînd, pentru exemplificare, cazul turnării unui oţel lichid cu $\theta_1 = 1500^oC$, într-o formă metalică de cupru, preîncălzită la $\theta_2 = 200^oC$, se obţine $\theta_o = 500^oC$, valoare cu mult inferioară temperaturii de topire a cuprului.

Există deci posibilitatea principială a turnării unui material la o temperatură superioară temperaturii de topire a materialului formei.

Pentru ca temperatura formei la suprafaţa de separaţie cu piesa turnată să nu crească în raport cu temperatura iniţială θ_0, se impune ca în timpul răcirii metalului lichid fluxul de căldură transmis de la metalul lichid la formă să fie mai mic sau cel mult egal cu fluxul de căldură cedat de formă mediului exterior.

Această condiţie se realizează în practică prin:

- acoperirea suprafeţei interioare a formei metalice cu un strat izolator de material refractar, de grosime corespunzătoare;
- modificarea dirijată a temperaturii mediului de la suprafaţa exterioară a formei.

Procesul tehnologic de obţinere a formelor şi de turnare în forme permanente poate să difere radical de cel folosit la turnarea în forme temporare, după specificul formelor permanente care pot fi pentru:

- turnarea statică (turnarea în cochilie)
- turnarea sub presiune
- turnarea centrifugală
- turnarea continuă
- turnarea prin aspiraţie sub vid
- turnarea în vid.

8.13.2. Turnarea statică în forme permanente (Turnarea în cochilie)

Formele de turnare metalice, în care introducerea metalului lichid se face exclusiv sub acţiunea forţelor gravita-

ţionale, se numesc cochilii. In timpul turnării, aceste forme sînt statice. Această metodă are o largă întrebuinţare la turnarea pieselor din aliaje neferoase şi din fontă iar în ultimul timp se aplică şi la turnarea pieselor din oţel.

Construcţia cochiliilor este funcţie de mărimea şi configuraţia piesei turnate, de aliajul folosit şi caracterul producţiei. Astfel:

- pentru piese mici şi uşoare se construiesc fără plan de separaţie sau cu plan de separaţie vertical;

- pentru piese de dimensiuni şi masă mari se construiesc cu plan de separaţie vertical;

- iar pentru piese de configuraţie complexă cu plane frînte.

Precizia de execuţie a formei permanente depinde de precizia pe care trebuie să o aibă piesele turnate.

Datorită faptului că la turnarea în forme metalice viteza de răcire este mult mai mare decît la turnarea în forme temporare, piesele care se toarnă în forme metalice trebuie să aibă grosimea de perete suficient de mare pentru a se asigura umplerea completă a formei cu aliaj lichid. De asemenea pie... trebuie să aibă cît mai puţine adîncituri şi proeminenţe sau colţuri ascuţite pentru a nu împiedica extragerea piesei din formă. Inclinările constructive ale pereţilor pieselor deci şi ale formelor metalice, se iau între $0{,}3^{0}$ şi 5^{0} .

Razele de racordare se iau mai mari decît în cazul formelor temporare pentru prevenirea apariţiei crăpăturilor. Adaosurile de prelucrare se iau de cîteva ori mai mici decît la turnarea pieselor în forme temporare.

Pentru piese mici de precizie ridicată, care nu se prelucrează ulterior, suprafaţa activă a cochiliei se realizează

cu ajutorul unei pastile din material cu durabilitate ridicată, ce se înlocuieşte pe măsura uzurii, păstrîndu-se forma propriu zisă. In producţia de serie mică există tendinţa aplicării unei cochilii universale, realizate din elemente tipizate amovibile.

Pentru obţinerea golurilor interioare în piesele turnate, pot fi folosite miezuri obişnuite din amestec de miez (la turnarea fontelor şi oţelurilor) sau miezuri metalice (în special la turnarea pieselor din aliaje neferoase). In cazul folosirii miezurilor metalice, necompresibile, acestea trebuie scoase din formă imediat după solidificarea piesei pentru a preîntîmpina formarea crăpăturilor la cald.

Ca urmare a contracţiei , în cazul pieselor complicate sau cînd se toarnă mai multe piese în aceeaşi formă, piesele înţepenesc producînd greutăţi la extragerea lor din formă. Uşurarea operaţiei de scoatere a pieselor din formă se face cu ajutorul unor mecanisme de acţionare cu pîrghie, cu şurub, cu excentric, pneumatic sau hidraulic.

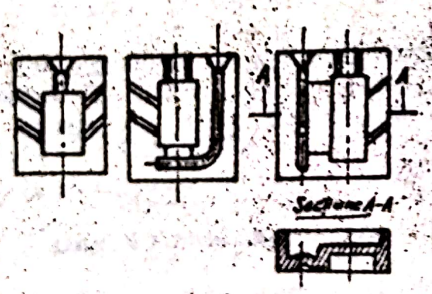


Fig. 8.75
Reţele de turnare la turnarea în cochilie.

Alimentarea cu metal lichid a cochiliilor se asigură printr-o reţea de turnare plasată în planul de separaţie (fig.8.75). Pentru evacuarea gazelor sînt prevăzute canale de aerisire cu diametru de 0,2 ... 0,5 mm şi răsuflători.

Poziţia piesei în forma metalică trebuie astfel aleasă, încît să asigure umplerea liniştită a formei şi să evite formarea de noduri termice, care duc la supraîncălziri locale ale formei. Piesele se pot turna în poziţie verticală sau orizontală.

In fig. 8.76 este prezentată schematic o cochilie cu miezuri metalice pentru turnarea pistoanelor din aliaje de aluminiu.

Corpul cochiliei este realizat din trei părţi (1,2,3). După solidificarea piesei turnate se extrag miezurile 4,5,6 (în această ordine), cochilia se dezmembrează prin deplasarea părţilor 1 şi 2 în sensurile indicate de săgeţi. In acelaşi timp sînt extrase şi miezurile 7 şi 8 . Dezbaterea pistonului este uşurată şi de acţiunea în sens invers a tijelor aruncătoare 9 .

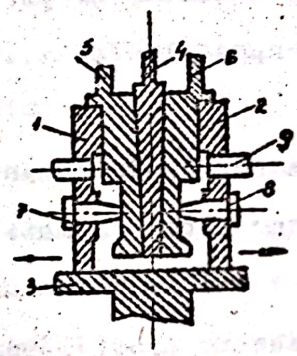


Fig. 8.76
Cochilie cu miezuri metalice pentru turnarea pistoanelor din aliaje de aluminiu.
1,2-semiforme; 3-placă de bază; 4,5,6,7,8-miezuri; 9-tije aruncătoare.

La alegerea materialului pentru executarea cochiliilor se ţine seama de natura aliajului care se toarnă şi de mărimea pieselor. Ele trebuie confecţionate din aliaje, care pot suporta şocurile termice repetate şi acţiunea corozivă a metalului topit. In acest scop sînt folosite aliaje metalice cum sînt: fontă perlitică, fontă feritică, oţeluri aliate cu Cr,Mo,Ni,V, rezistente la temperaturi ridicate. Miezurile metalice se execută din oţeluri refractare cu Cr,Ni. şi Mo, cu Cr şi W sau cu Cr,Mn şi Si.

La confecţionarea cochiliilor se folosesc şi metale şi aliaje neferoase, îndeosebi Cu şi aliaje de aluminiu.

Menţionăm faptul că în ultimul timp aliajele de aluminiu sînt folosite din ce în ce mai mult la confecţionarea co-

chiliilor atît pentru turnarea aliajelor neferoase cît şi pentru turnarea fontei şi a oţelului. Suprafaţe activă a acestor forme se oxidează anodic la Al_2O_3, oxid cu refractaritate ridicată care împiedică contactul direct dintre metalul lichid turnat şi materialul formei şi datorită conductibilităţii termice ridicate a aluminiului forma nu se supraîncălzeşte peste limitele admise chiar dacă se toarnă oţel la 1600°C. Piesele turnate în forme de aluminiu trebuie extrase din formă imediat după solidificare. Formele din aliaje de aluminiu sînt mult mai ieftine decît cele din oţeluri aliate, pot fi obţinute şi prin turnare şi sînt rentabile chiar dacă rezistă numai la 200 ... 300 turnări.

Actualmente la confecţionarea formelor permanente se folosesc şi alte materiale cum sînt: grafitul şi materiale metaloceramice.

Formele de grafit sînt folosite în special pentru turnarea unor piese de precizie. Datorită vitezei mari de răcire a metalului turnat în aceste forme, piesele rezultate vor dobîndi o structură fină şi proprietăţi mecanice ridicate. Formele de grafit au o durabilitate mult mai redusă faţă de durabilitatea formelor metalice obişnuite. Astfel ele rezistă pînă la cca 500 de turnări spre deosebire de formele metalice obişnuite care merg pînă la cîteva mii, sau zeci de mii de piese turnate.

Formele din materiale metaloceramice sînt recent introduse în practica turnării. Ele prezintă o serie de avantaje şi pot înlătura numeroase neajunsuri existente în prezent la formele metalice clasice.

Fazele principale ale turnării în cochilie:

1 - Pregătirea şi asamblarea cochiliei care cuprinde

următoarele operaţii:

- verificarea stării suprafeţelor interioare şi de separaţie ale cochiliei;

- acoperirea suprafeţelor active (ce urmează să vină în contact cu metalul lichid) cu un strat de material refractar de o,1 ... 2 mm grosime, de 1 ... 2 ori pe schimb. In acest scop se foloseşte grafit, argilă refractară, făină de cuarţ, şamotă măcinată cu liant sticlă solubilă, leşie sulfitică sau uleiuri minerale. Inainte de fiecare turnare, aceleaşi suprafeţe se acoperă cu vopsele de protecţie fluide pe bază de petrol, grăsimi animale, oxid de zinc, capabile să dezvolte gaze în contact cu metalul lichid.

- preîncălzirea cochiliei la 1oo ... 45o°C cu scopul eliminării umidităţii din porii cochiliei şi din straturile de protecţie din materialul refractar, evitîndu-se astfel împroşcarea metalului lichid cauzată de vaporizarea explozivă a apei de absorbţie. De asemenea prin preîncălzire se urmăreşte îmbunătăţirea umplerii formei, reducerea vitezei de răcire a pieselor turnate, şi micşorarea şocului termic al formei care se produce la prima turnare.

Incălzirea preliminară a formei se poate realiza prin mai multe metode:

- cu ajutorul unei rezistenţe electrice amplasată în cavitatea formei;

- cu flacără deschisă;

- prin turnarea unei piese în formă rece, care de obicei se rebutează.

Se realizează apoi asamblarea cochiliei

2 - Turnarea metalului lichid

3 - Constituirea piesei turnate

4 - Dezbaterea piesei turnate, realizată prin dezmembrarea cochiliei;

5 - Indepărtarea reţelelor de turnare, eventual debavurarea piesei turnate.

In cazul producţiei de serie şi de masă manevrarea formelor metalice poate fi executată de maşini speciale de turnare, la care se mecanizează deschiderea şi închiderea formelor, scoaterea pieselor turnate, montarea şi scoaterea miezurilor metalice putînd ajunge chiar la o automatizare completă a procesului de turnare .

In ultimul timp pentru eliminarea unuia din principalele dezavantaje tehnologice ale turnării în cochilie şi anume : dificultatea obţinerii unor piese cu pereţi subţiri, părţi proeminente şi variaţii relativ mari ale grosimii pereţilor se recurge la presarea metalului lichid după introducerea lui în cavitatea formei. Astfel s-a ajuns la procedeele de turnare în cochilie cu matriţarea (fig.8.77) şi respectiv refularea metalului lichid (fig.8.78).

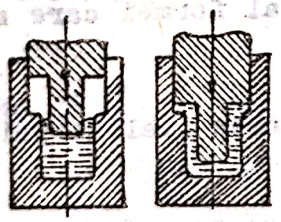


Fig. 8.77.
Turnarea în cochilie cu matriţarea metalului lichid.

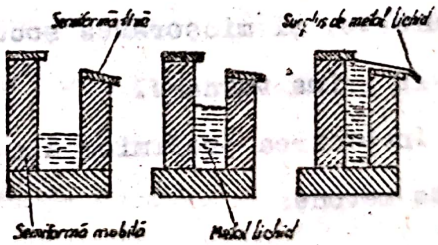


Fig. 8.78.
Turnarea în cochilie cu refularea metalului lichid.

Aceste procedee de fapt fac trecerea înspre turnarea sub presiune. Aici drept cameră de compresie se utilizează cavitatea formei. Datorită acţiunii favorabile a presiunii aplicate în timpul solidificării rezultă şi o îmbunătăţire sensi-

bilă a proprietăţilor mecanice ale piesei turnate.

De asemenea prin aplicarea noii metode de vibrare a formelor metalice în timpul turnării se îmbunătăţeşte umplerea formei cu metal lichid putîndu-se turna piese cu pereţi mai subţiri, vibraţiile avînd o influenţă favorabilă şi asupra procesului de cristalizare şi asupra caracteristicilor mecanice ale pieselor turnate.

8.13.3. Turnarea fontei cu crustă dură

Un caz particular foarte răspîndit al turnării statice este turnarea valţurilor (cilindrilor) de laminor. Acestea, în funcţionare, sînt supuse la eforturi puternice de compresie, încovoiere şi mai ales la uzură prin frecare. Oţelurile se caracterizează prin proprietăţi mecanice ridicate, în schimb rezistenţa lor la uzură este scăzută. Cele mai bune proprietăţi de rezistenţă la uzură le oferă fonta albă, dar ea este fragilă. Pentru asigurarea unei rezistenţe mari la uzură, alături de o tenacitate acceptabilă, se recurge la turnarea fontei cenuşii cu crustă exterioară albă.

In acest scop turnarea se face în forme combinate, metalice în partea unde piesa trebuie să primească o crustă dură (răcire rapidă) şi din amestec de formare în celelalte părţi (răcire lentă, cu grafitizare normală). In fig. 8.79 se prezintă schematic forma combinată pentru turnare prin sifon a unui cilindru de laminor.

Tăblia se toarnă într-o formă metalică (cochilie), iar fusurile sînt turnate în părţi ale formei confecţionate din amestec de formare obişnuit. La partea superioară a fusului se plasează o maselotă pentru localizarea retasurii. Grosimea crustei dure poate fi reglată prin schimbarea compoziţiei fon-

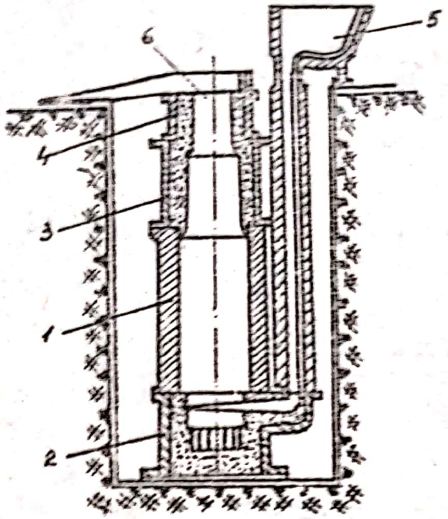


Fig. 8.79
Turnarea unui cilindru cu crustă dură.
1-cochilia metalică; 2,3 şi 4-rame de formare cu nisip; 5-pîlnia de turnare; 6-maselotă.

tei şi prin modificarea vitezei de răcire prin alegerea în mod corespunzător grosimea peretelui la forma metalică, aplicînd pe suprafaţa de lucru a formei metalice un strat mai gros sau mai subţire de vopsele refractare sau de un amestec argilos, schimbînd temperatura de supraîncălzire a metalului topit, etc.

52. 8.13.4. Turnarea sub presiune.

Generalităţi

La această metodă introducerea metalului lichid în forma metalică de oţel se face sub presiune. Datorită presiunilor mari aplicate, miezurile formei se execută de asemenea din oţel. Rolul principal al presiunii este să îmbunătăţească condiţiile de umplere a formei metalice în care metalul îşi pierde uşor fluiditatea.

Domeniul de utilizare al acestei metode cuprinde producţia de masă a pieselor mici, de obicei din metale neferoase cu pereţi subţiri şi de configuraţie complexă. De asemenea se aplică cu succes la obţinerea unor piese armate, precum şi la asamblarea în corp comun a unor repere mărunte. Turnarea sub presiune în forme metalice pe lîngă avantajele turnării obişnuite în forme metalice în plus mai prezintă următoarele avan-

taje:

- asigură o precizie mare pieselor turnate (abaterile limită fiind de ordinul 0,05 ... 0,15 mm , ceea ce asigură o interschimbabilitate perfectă pieselor), care în majoritatea cazurilor nu mai necesită nici o prelucrare prin aşchiere.

- posibilitatea obţinerii unor piese cu pereţi subţiri şi configuraţie complicată, reproducîndu-se şi detaliile cele mai fine, ca inscripţii, filete interioare sau exterioare etc.;

- suprafeţele pieselor sînt foarte netede şi curate;

- datorită presiunilor ridicate şi a răcirii rapide, piesele turnate vor avea o structură compactă şi fină ceea ce le conferă proprietăţi mecanice bune;

- incluziunile fine de oxizi şi porii de gaze nu au nici o influenţă asupra rezistenţei şi densităţii piesei turnate;

- se elimină posibilitatea apariţiei suflurilor porozităţilor, golurilor etc.

Formele metalice destinate turnării sub presiune, numite matriţe şi miezurile corespunzătoare se confecţionează exclusiv din oţeluri aliate cu W,Cr,Co, rezistente la şocuri termice. Durabilitatea acestora se măreşte prin tratamente termochimice (nitrurare, cromizare, fosfatare etc), aplicate suprafeţelor active. Suprafeţele active se realizează de regulă, cu pastile demontabile. Protejarea acestora faţă de acţiunea metalului lichid se face prin acoperirea cu vopsele pe bază de vopsele vegetale şi grafit, materiale ceroase sau produse petrolifere. Se folosesc canale de aerisire cu diametrul de 0,1 ... 0,2 mm . Construcţia matriţelor este mai complicată decît a formelor metalice obişnuite, cer o execuţie mai precisă şi o închidere foarte etanşă. Preţul lor de cost este ri-

dicat. Extragerea pieselor turnate din matriţele desfăcute se face cu ajutorul unor împingătoare (extractoare) în aşa fel plasate încît efortul ce se aplică pe piesă să fie cît mai uniform. Diagrama din fig. 8.8o, ne dă o imagine asupra rentabilităţii procedeului ţinînd cont de economia ce rezultă la prelucrarea mecanică a pieselor turnate.

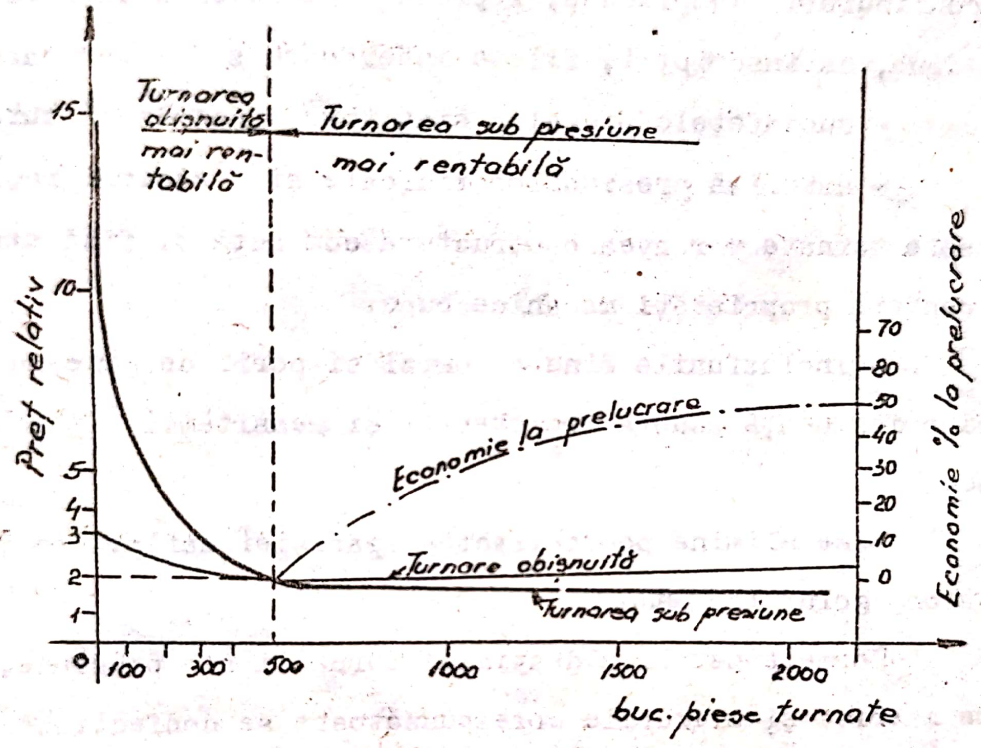


Fig. 8.8o

Se vede că procedeul de turnare sub presiune comparativ cu turnarea obişnuită devine rentabil de la cca 5oo buc. de piese turnate în sus. Datorită costului ridicat al instalaţiilor de turnare şi matriţelor, turnarea sub presiune este avantajoasă numai în producţia de serie mare şi masă.

La turnarea sub presiune pentru învingerea rezistenţei opuse curgerii metalului în reţeaua de turnare şi cavitatea formei, se aplică presiuni a căror valoare maximă atinge 5ooo ... ... 7ooo daN/cm^2. In funcţie de viteza de curgere a metalului

lichid care determină timpul de umplere a formei, turnarea sub presiune prezintă trei variante principale:

- turnarea cu viteze de alimentare scăzute (0,5 ... 2,5 m/s), la care metalul curge compact în regim laminar. Se aplică la piese cu pereţi groşi din aliaje de aluminiu şi bronzuri. Pentru limitarea absorbţiei de gaze, metalul se toarnă în stare păstoasă;

- turnare cu viteze de alimentare de ordinul 2,5 ... 15 m/s, aplicată la obţinerea pieselor de configuraţie relativ simplă. Porozităţile existente în materialul piesei turnate sînt parţial eliminate prin aplicarea unei presiuni ridicate în timpul solidificării piesei;

- turnare cu viteze de alimentare ridicate (30 ... 150 m/s) pentru piese de configuraţie complexă, pereţi subţiri şi suprafaţă de calitate superioară. Aici datorită fracţionării jetului de metal la lovire de pereţii cavităţii se produce dispersarea fină şi dizolvarea pînă la saturaţie a incluziunilor gazoase în materialul piesei turnate, fapt ce diminuează influenţa nefavorabilă a acestora asupra proprietăţilor mecanice ale piesei.

Pentru exercitarea presiunii asupra metalului lichid, introdus iniţial într-o cameră de compresiune exterioare formei de turnare se folosesc instalaţii specializate cu acţionare hidraulică (în cele mai multe cazuri) sau pneumatică. Există patru tipuri fundamentale de asemenea instalaţii (maşini de turnat), la care:

- presiunea se aplică metalului lichid cu ajutorul unui piston, camera de compresiune fiind caldă (încălzită din exterior) sau rece;

- presiunea se aplică metalului lichid prin intermediul

unui fluid (aer, gaze inerte) iar camera de compresie poate fi mobilă sau fixă.

53.A

a. Instalaţii la care presiunea se aplică metalului lichid cu ajutorul unui piston

In turnătoriile pentru piese din construcţia de maşini datorită posibilităţilor tehnologice mai largi, se folosesc cel mai mult instalaţiile cu acţionare prin piston şi cameră de compresie rece. Din punct de vedere constructiv aceste instalaţii pot fi:

- cu cameră de compresie verticală, şi
- cu cameră de compresie orizontală.

In fig. 8.81, se prezintă schematic construcţia şi principiul de funcţionare al acestor instalaţii cu cameră de compresie rece verticală.

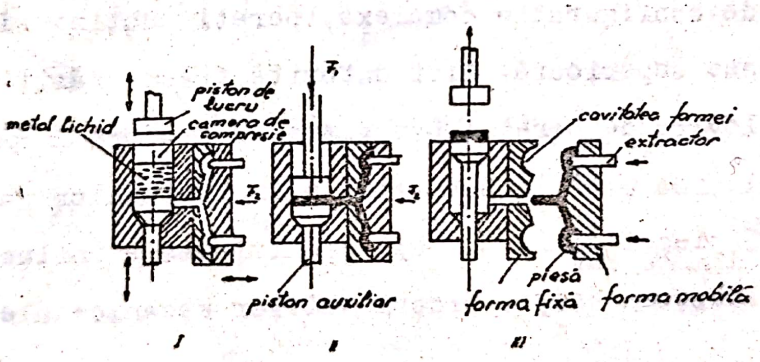


Fig. 8.81
Instalaţia de turnare sub presiune cu acţionare prin piston şi cameră de compresie rece verticală.

In poziţia I, metalul se toarnă cu o oală de dozare în camera de compresie. In acest timp pistonul inferior închide canalul de alimentare al formei.

In poziţia II, pistonul superior presează asupra metalului topit şi în acelaşi timp, pistonul inferior coboară; ca urmare metalul topit este presat în cavitatea formei.

In poziţia III, pistonul superior se ridică, pistonul inferior retează şi îndepărtează surplusul de metal din camera de compresie iar forma se deschide şi se scoate piesa cu ajutorul extractoarelor.

In fig. 8.82 se prezintă schematic construcţia şi principiul de funcţionare a unei instalaţii cu cameră de compresie rece orizontală.

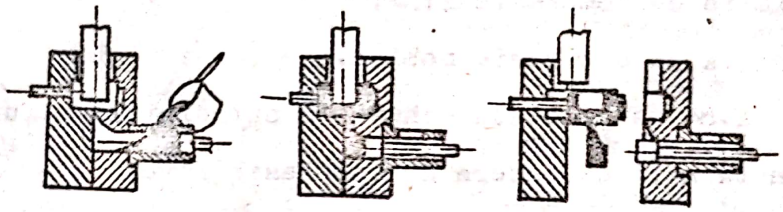


Fig. 8.82
Instalaţie de turnare sub presiune cu acţionare prin piston şi cameră de compresie rece orizontală.

Ambele tipuri de instalaţii prezentate mai sus sînt maşini de turnat cu presiune înaltă, folosite indeosebi pentru aliaje neferoase greu fuzibile (alamă, bronz de aluminiu şi unele aliaje de aluminiu).

In fig. 8.83 se prezintă schematic construcţia şi principiul de funcţionare a unei instalaţii cu acţionare prin piston şi cameră de compresie caldă cu presiune joasă folosit pentru aliaje cu temperaturi de turnare sub 500°C (aliaje de staniu, zinc şi plumb).

Această maşină este alcătuită din:
- creuzetul de fontă 1 în care metalul lichid 2 se menţine la temperatură constantă, creuzetul fiind plasat

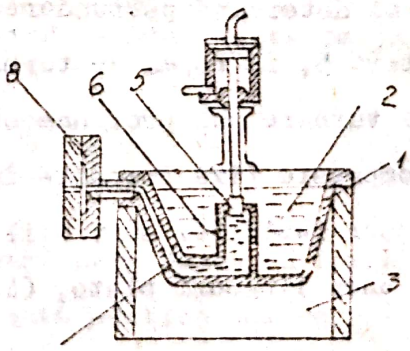


Fig. 8.83

în cuptorul de încălzire 3;

- camera de compresie 4 cu pistonul 5 este prevăzută cu orificii 6 de pătrundere a aliajului lichid din creuzetul 1 în canalul de alimentare 7 şi forma de turnare 8.

54. b. Instalaţii la care presiunea se aplică metalului lichid prin intermediul unui fluid (aer, gaze inerte)

Aceste instalaţii sînt de presiune joasă şi sînt de două tipuri constructive:

- cu camera de compresie fixă;
- cu camera de compresie mobilă.

In fig. 8.84 se prezintă schematic principiul de funcţionare al unei instalaţii cu camera de compresie fixă.

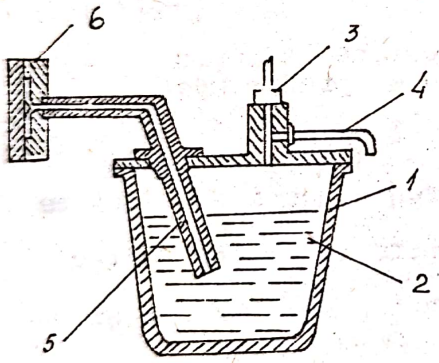


Fig. 8.84
Instalaţie cu cameră de compresie fixă.

Ea este alcătuită din vasul de fontă 1 care reprezintă camera de compresie în care se toarnă metalul lichid 2 prin supapa 3. Aerul comprimat se suflă prin ţeava 4. Presiunea fluidului de lucru (aer comprimat) de regulă 0,5 - 4 daN/cm^2 acţionează pe suprafaţa liberă a metalului din camera de compresie şi determină pătrunderea sa prin sifon prin canalul de alimentare 5, în forma de turnare 6. In ultimul timp, instalaţiile de turnare sub presiune cu acţionare prin fluid şi cameră de compresie fixă folosite în mod obişnuit la turnarea aliajelor uşor fuzibile, sînt utilizate şi în siderurgie pentru obţinerea unor lingouri plate, (în special de tipul bramelor)

din oţel. Avantajele procedeului decurg din eliminarea prelucrării pe laminoare degrosisoare (bluming şi slebing), calitatea superioară a lingourilor şi cheltuielile de investiţii mai mici.

In fig. 8.85 se prezintă schematic principiul de funcţionare a unei instalaţii cu camera de compresie mobilă. Spre deosebire de instalaţiile cu cameră de compresie fixă, aici suprafaţa de contact dintre aerul comprimat şi metalul lichid este mult mai mic.

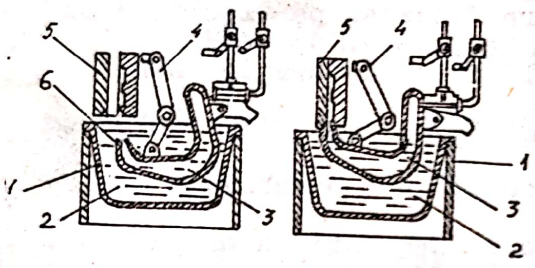


Fig. 8.85
Instalaţie cu cameră de compresie mobilă.

Instalaţia este alcătuită din:

- vasul de fontă 1, în care se menţine metalul lichid 2 la temperatura constantă;
- camera de compresie mobilă 3 acţionată la fiecare umplere de sistemul de pîrghii 4, care acţionează şi asupra deschiderii şi închiderii formei 5;
- ajutajul 6 prin care se face legătura între camera de compresie mobilă 3 şi forma de turnare 5.

Aici după ridicarea camerei de compresie umplută cu metal lichid acesta se injectează în formă prin deschiderea ventilului de comandă a aerului comprimat.

Productivitatea acestor tipuri de maşini, este de 5o - 5oo piese pe oră.

8.13.5. Turnarea centrifugală

Acest procedeu se caracterizează prin aceea că forma de turnare în timpul turnării nu mai este statică, ci se roteşte în jurul unei axe verticale sau orizontale.

Datorită forţei centrifuge aliajul lichid este proiectat pe pereţii formei în rotaţie, ceea ce permite obţinerea de piese cu gol cilindric în interior fără să mai fie nevoie de miezuri.

Intr-adevăr imprimînd o mişcare de rotaţie, în jurul unei axe verticale, unei forme umplute cu metal lichid pînă la înălţimea a (fig. 8.86) sub acţiunea forţelor centrifugă şi gravitaţională care se exercită asupra fiecărei particole de metal lichid, la turaţia $n=n_1$ suprafaţa liberă a lichidului va lua forma unui paraboloid de rotaţie cu ordonata la origine b .

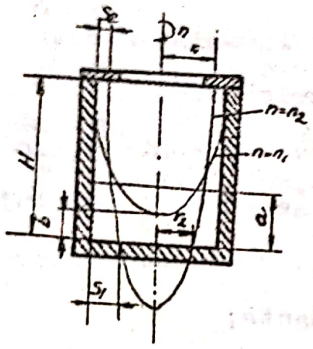


Fig. 8.36
Schema de principiu a turnării centrifugale cu ax vertical.

Mărind turaţia la valori $n>n_1$ b scade, trece prin zero şi obţine chiar valori negative ($n=n_2$, vezi fig.8.86). Există deci posibilitatea ca prin rotirea suficient rapidă a formei, combinată cu răcirea metalului lichid să se obţină un corp cilindric gol, avînd însă o grosime de perete neuniformă.

Acest procedeu se aplică atît la turnarea pieselor cu formă de revoluţie, cît şi a celor cu diferite configuraţii. Astfel turnarea centrifugă are aplicaţie largă la turnarea bucşelor din aliaje neferoase, a tuburilor din fontă şi din oţel precum şi la turnarea pieselor cu gol interior cilindric şi cu suprafaţa exterioară profilată.

Lungimea şi diametrul exterior al pieselor turnate sînt delimitate de dimensiunile formei iar diametrul interior de cantitatea de aliaj turnată în formă.

- determ. vit. de rot. a formei

Calitatea şi precizia dimensională a pieselor obţinute prin turnare centrifugă depind de mărimea forţei centrifuge, care la rîndul ei depinde de alţi factori conform relaţiei:

$$F_c = m\omega^2 r$$

în care:

F_c - mărimea forţei centrifuge

m - masa aliajului turnat în [g]

ω - viteza unghiulară a aliajului turnat în [rad/s]

r - distanţa de la axul de rotaţie la centrul de greutate al volumului de aliaj considerat în [cm].

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

Inlocuind pe ω cu această valoare în relaţia de mai sus, forţa centrifugă devine:

$$F_c = \frac{m \pi^2 n^2 r}{900}$$

adică, forţa centrifugă creşte cu masa aliajului lichid cu raza de rotaţie şi cu pătratul turaţiei formei.

Din relaţia de mai sus se poate trage concluzia că forţa centrifugă care acţionează asupra particulelor de zgură care pot ajunge în formă la turnare este mai mică decît cea care acţionează asupra aliajului, deci zgura este separată la partea din interior a piesei turnate, aceasta obţinîndu-se curată fără incluziuni de zgură şi fără sufluri.

Menţionăm că alegerea unei viteze corecte de rotaţie a formei este necesară atît din punct de vedere tehnologic, cît şi din punct de vedere al construcţiei formei.

Dacă forţa centrifugă este prea mică, nu are loc o separare bună a zgurii de aliajul lichid, deci se obţin piese cu

incluziuni nemetalice şi cu sufluri, Dacă forţa centrifugă este prea mare se pot produce crăpături longitudinale.

In cazul rotaţiei în jurul unei axe orizontale a unei forme parţial umplute cu metal lichid, calculul vitezei de rotaţie se face ţinînd cont de faptul că forţa care acţionează asupra lichidului variază în funcţie de poziţia lichidului. Astfel în cazul din fig. 8.87 cînd turaţia n a formei este suficient de mare şi metalul lichid este supus mişcării de rotaţie distribuindu-se datorită forţei centrifuge la periferia formei, în punctul cel mai de jos A, forţa rezultantă R_A care acţionează asupra lichidului este suma forţelor centrifuge şi de gravitaţie adică:

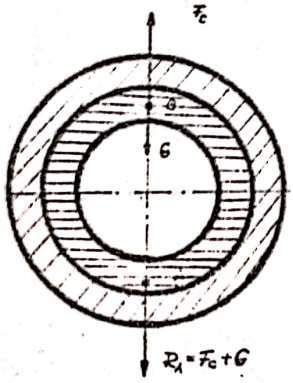


Fig.8.87

$$R_A = F_c + G = m\omega^2 r + mg = m(\omega^2 r + g)$$

iar în punctul B cel mai ridicat este diferenţa lor:

$$R_B = F_c - G = m\omega^2 r - mg = m(\omega^2 r - g)$$

Se observă că forţa rezultantă maximă este în punctul A , iar cea minimă în B . Intre aceste două poziţii rezultanta are valori cuprinse între R_A şi R_B .

Pentru turnarea centrifugală pe maşini cu ax orizontal turaţia minimă teoretică necesară se calculează punînd condiţia de echilibru pentru o particulă de aliaj lichid care se află în punctul cel mai de sus, în cazul fig. 8.87 în punctul B . Asupra acestei particole acţionează forţa gravitaţiei şi forţa centrifugă.

Deci se obţine:

$mg = m\omega^2 r$; de unde

$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$ dar se ştie că $\omega = \frac{\pi n}{30}$

$\sqrt{\frac{g}{r}} = \frac{\pi n}{30}$ de unde $n = \frac{30\sqrt{g}}{\pi\sqrt{r}} = \frac{30\sqrt{9,81}}{\pi\sqrt{r}}$

$$n = \frac{30}{\sqrt{r}} \quad [\text{rot/min.}]$$

Menţionăm faptul că pentru a se obţine o piesă cu grosimea de perete uniformă, în mod practic este necesară o turaţie mult mai mare decît cea de echilibru calculată mai sus.

Viteza de rotire practică se determină cu relaţia:

$$n_p = k \cdot n = \frac{30\,k}{\sqrt{r}}$$

unde:

r - este raza interioară a bucşei în [m]

k - coeficient care depinde de natura aliajului din care se toarnă piesa;

k = 0,5 pentru turnarea pieselor din oţel

k = 5,8 pentru turnarea pieselor din fontă

k = 6,4 pentru turnarea pieselor din bronz

k = 8,6 pentru turnarea pieselor din aluminiu

Turaţia formei la maşinile cu ax orizontal poate fi stabilită şi cu relaţia empirică:

$$n = \frac{552o}{\sqrt{\gamma r}} \quad [\text{rot/min}]$$

în care:

γ - este greutatea specifică a aliajului lichid în g/cm^3

r - este raza suprafeţei libere a piesei, în cm.

Turaţia formei la maşinile cu ax vertical pentru turnarea pieselor cu $H < \frac{D}{2}$ se determină din relaţiile:

$$n = K \sqrt{H} \ [rot/min]$$

$$K = \frac{423}{\sqrt{r_1^2 - r_2^2}}$$

în care:

H - este înălţimea piesei turnată în cm;

D - este diametrul exterior al piesei turnată în cm;

r_1 şi r_2 - sînt razele interioare ale piesei de revoluţie (vezi fig. 8.86 , pentru cazul repartizării lichidului cînd $n=n_2$) .

Utilizarea turnării centrifuge este justificată de următoarele avantaje:

- asigurarea unei structuri dense lipsite de porozităţi, sufluri, cu proprietăţi mecanice superioare;

- micşorarea consumului de metal lichid cu 4o ... 6o% prin reducerea sau chiar eliminarea reţelei de turnare şi a maselotelor;

- eliminarea miezurilor la piesele cilindrice;

- posibilitatea turnării pieselor cu pereţi subţiri;

- reducerea cheltuielilor de formare şi turnare;

Dezavantajele procedeului sînt:

- nu se pot obţine orificii cu dimensiuni exacte în piesele turnate fără miez;

- apare pericolul segregării componenţilor după greutatea specifică datorită forţei centrifuge, la aliajele cu tendinţă pronunţată de segregare. Acest fenomen este mai accentuat la aliajele cu interval de solidificare mare şi în special atunci cînd compoziţia primelor cristale separate diferă simţi-

tor de a celor care se separă ulterior.

Menţionăm faptul că pe baza constatării fenomenului de separare după greutatea specifică a apărut ideia turnării centrifuge a pieselor bimetalice.

Turnarea centrifugă se face în forme metalice (din oţel) sau în forme metalice căptuşite cu amestec de formare. La turnarea în forme metalice necăptuşite nu mai sînt necesare instalaţiile pentru prepararea amestecului de formare, dar sînt necesare operaţii suplimentare pentru evitarea albirii fontei; operaţiile de recoacere a produselor, de asemenea consumul de cochile din oţeluri speciale este destul de mare.

Clasificarea procedeelor de turnare centrifugală Tab 83

Caracteristici	Variante ale procedeului			
	simplă		mixtă	indirectă
Caracterizarea şi principiul variantei	Forţa centrifugă acţionează asupra materiolului ca rezultat al rotirii formei în jurul axei		Configuraţia piesei se obţine nu numai datorită forţei centrifuge dar şi a covităţii formei	Metalul lichid se toarnă principial forţa centrifugă îl introduce în cavitatea formei
Maşinile folosite	Maşini centrifuge cu ax orizontal	Maşini centrifuge cu ax vertical	Maşini cu ax orizontal şi vertical	Maşini cu ax vertical
Caracteristica pieselor turnate	Tuburi, bucşe cilindri cu $D<L$	Inele bucşe cu $D<L$	Piese profilate care sînt şi corpuri de revoluţie.	Piese cu configuraţie complicată care nu sînt corpuri de revoluţie
Aliajul ce se poate turna	oţel fontă aliaje neferoase		oţel fontă aliaje neferoase	oţel fontă aliaje neferoase

Formele metalice necăptuşite se protejează prin acoperire cu paste şi vopsele refractare pe bază de grafit, marşalită, miniu de fier, cretă, negru de fum, uleiuri, produse petrolifere, sticlă solubilă. Pentru uşurarea dezbaterii pieselor pereţilor formei li se imprimă o oarecare conicitate.

In practică maşinile care se folosesc pentru turnarea centrifugă sînt construite cu axul vertical sau orizontal.

Procedeele de turnare centrifugală pot fi clasificate în funcţie de modul în care se obţine configuraţia piesei, aşa cum se arată în tabela 8.3.

In cele ce urmează se prezintă schematic tipurile de maşini folosite corespunzător celor trei variante de turnare centrifugală. Astfel în fig. 8.88 se prezintă schematic principiul turnării centrifugale simple cu rotirea formei în jurul unui ax vertical:

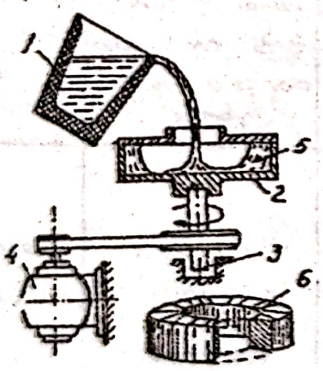


Fig. 8.88
Turnarea centrifugală simplă cu rotirea formei în jurul unui ax vertical.
1-oală de turnare; 2-formă metalică; 3-ax; 4-motor electric; 5-metal lichid; 6-piesă.

Turnarea centrifugală simplă cu axul de rotaţie vertical se foloseşte pentru obţinerea unor piese inelare cu înălţime mică cum ar fi: volanţi, roţi, coroane de roţi, inele, bucşe etc. In cazul turnării de piese cu înălţimi mari creşte foarte mult adaosul de prelucrare pe suprafeţele libere.

In fig.8.89 se prezintă schematic principiul turnării centrifugale simple cu rotirea formei în jurul unui ax orizontal, exemplificat pentru cazul turnării tuburilor.

Prin această metodă se pot obţine piese de lungimi mari, cu formă interioară cilindrică cu grosimea uniformă a peretelui.

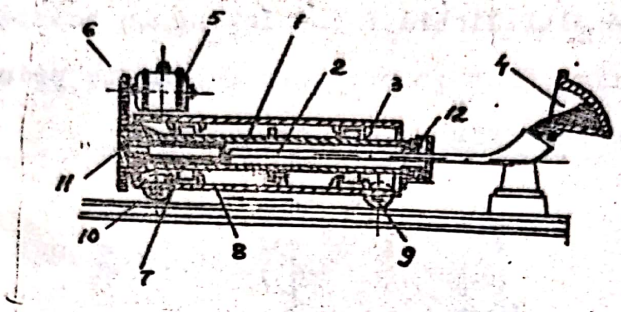


Fig. 8.89

Turnarea centrifugă simplă cu rotirea formei în jurul unui ax orizontal. (Turnarea centrifugă a tuburilor).

1-formă rotativă; 2-jgheab; 3-manta de răcire; 4-oală segment; 5-motor; 6-roţi dinţate; 7-tubul turnat; 8- cărucior deplasabil; 9-roţi; 10-şină; 11-miez de nisip; 12-etanşare.

Această metodă este aplicată îndeosebi la turnarea tuburilor de calitate superioară din fontă, care pot rezista la presiuni chiar de două ori mai mari faţă de cele turnate staţionar. Astfel se mai toarnă cămăşi de cilindri pentru motoare, bucşe, inele, din care se confecţionează segmenţi de pistoane etc.

La turnarea pieselor tubulare lungi, pentru asigurarea unei repartizări uniforme a metalului lichid de-a lungul formei în vederea repartizării peretelui cu grosime uniformă, forma rotativă este amplasată pe un cărucior deplasabil care se retrage faţă de jgheabul lung de turnare pe măsură ce forma se umple cu metal.

Folosind maşinile centrifuge cu ax vertical se pot obţine prin turnare centrifugală indirectă piese de dimensiuni mici cu diferite configuraţii, care nu sînt corpuri de revoluţie. In aceste cazuri formele se aşază simetric pe periferia

unui platou rotativ, turnarea făcîndu-se prin pîlnia din centrul platoului. Alimentarea cavităţilor formei se face prin canale radiale, metalul lichid fiind împins în acestea de forţa centrifugă. In fig. 8.9o se prezintă schematic principiul turnării centrifugale indirecte.

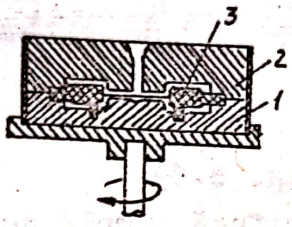


Fig. 8.9o
Turnarea centrifugală indirectă pentru obţinerea de piese cu configuraţii oarecare.
1-semiformă inferioară; 2-semiformă superioară; 3-miez.

Prin turnare centrifugală mixtă se pot obţine piese profilate care sînt şi corpuri de revoluţie. In acest scop se pot folosi atît maşini centrifuge cu ax orizontal cît şi cu ax vertical.

In fig. 8.91 se prezintă schematic principiul turnării centrifugale mixtă la o maşină cu ax vertical.

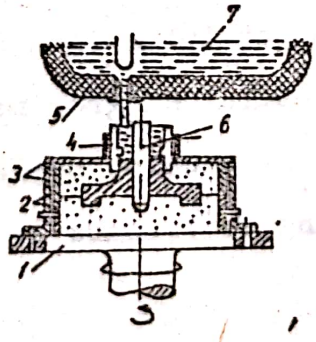


Fig.8.91
Turnarea centrifugală mixtă
1-masa maşinii; 2-semiforme; 3-cheson de strîngere; 4,6 - miezuri; 5-oală de turnare; 7-metal lichid.

La acest procedeu configuraţia piesei se obţine atît datorită forţei centrifuge cît şi a cavităţii formei. Menţionăm faptul că aplicarea metodei turnării centrifugale este condiţionată de forma piesei şi de considerente economice legate de valoarea investiţiilor, (maşini specialc de turnare centrifugală) metoda fiind rentabilă numai în cazul producţiei de serie.

56.

8.13.6. Turnarea continuă

Principiul acestui procedeu a fost prezentat în partea I-a a cursului la capitolul 1.5.1o. pag. 125.

Procedeul de turnare continuă, descris la acest capitol, folosit pentru turnarea lingourilor de oţel, este în general asemănător cu procedeele de turnare şi a altor metale sau aliaje. Instalaţia de turnare continuă a fost prezentată în fig. 1.56. Prin acest procedeu se toarnă în special aliaje de aluminiu, oţel şi fontă. Se pot turna lingouri lungi, semifabricate cu diferite profile, tuburi, benzi, table şi sîrme.

Metoda a cîştigat o aplicare importantă la turnarea tuburilor din fontă. In acest scop se folosesc de asemenea cristalizatoare răcite cu apă care în plus au în mijlocul lor un miez metalic răcit tot cu apă avînd o formă uşor conică pentru a se evita înţepenirea piesei turnate în cristalizator. Partea inferioară a cristalizatorului este profilată pentru a se obţine flanşa tubului. In fig. 8.92 se prezintă schema turnării continuie a tuburilor de fontă.
Diametrele tuburilor astfel fabricate sînt cuprinse între 4oo-8oo mm, iar lungimile pot ajunge pînă la 1o m.

Parametrii de bază ai procesului de turnare continuă sînt:

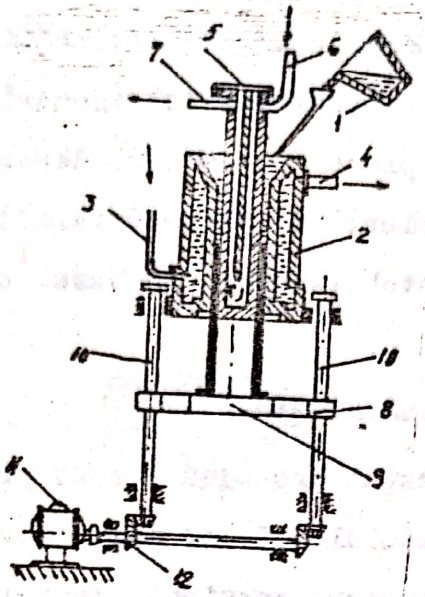


Fig. 8.92

Instalaţia de turnare continuă a tuburilor din fontă.

1-oala de turnare; 2-cristalizator; 3,4,6,7-conducte de apă; 5-miez metalic; 8-masă mobilă; 9-placă de etanşare a cristalizatorului la începutul turnării; 10-tijă filetată; 11-electromotor; 12-roţi dinţate conice.

- viteza de turnare;
- înălţimea cristalizatorului;
- temperatura de turnare, care se determină de la caz la caz în funcţie de proprietăţile de turnare a aliajului.

Pentru a reduce forţele de frecare între cristalizator şi piesă pereţii interiori ai cristalizatorului se ung cu ulei sau cu alte substanţe.

In fig. 8.93 se prezintă schematic o instalaţie pentru turnarea continuă a tablelor şi benzilor.

Viteza de deplasare a benzii turnate este constantă.

La turnarea continuă are loc o cristalizare dirijată de jos în sus. Datorită acestui fapt se obţine un metal cu compactitate mărită, cu compoziţie chimică omogenă şi cu proprietăţi mecanice superioare.

Avantajele principale ale procedeului de turnare continuă sînt:

- eliminarea retasurilor, a porozităţilor şi a incluziunilor nemetalice;

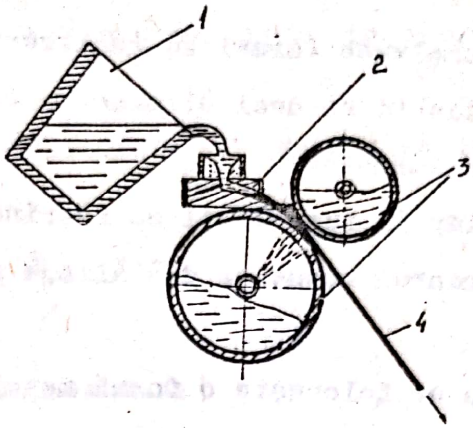


Fig. 8.93
Instalaţia de turnare continuă cu doi cilindri rotativi.
1-oală de turnare; 2-pîlnie de turnare; 3-cilindri rotativi răciţi cu apă; 4-bandă turnată.

- reducerea neomogenităţii piesei datorită segregării;
- îmbunătăţirea suprafeţelor semifabricatului turnat;
- proprietăţi mecanice ridicate;
- reducerea procentului de piese cu defecte,
- reducerea cheltuielilor pentru fabricarea cochilelor;
- productivitate mare;
- coeficient de utilizare a metalului ridicat (cca 95%).

Dezavantajele cele mai importante pe care le prezintă metoda sînt:

- tensiunile interne mari;
- crăpăturile, provocate de răcirea bruscă după turnare.

8.13.7. Turnarea prin aspiraţie sub vid

Principiul metodei constă în umplerea cavităţii formei prin aspirarea metalului topit din cuptorul în care s-a elaborat sau din oala de turnare, ca urmare a depresiunii creată în aceasta cu ajutorul unei pompe de vid, în raport cu presiunea atmosferică la care se găseşte metalul lichid.

Simultan cu umplerea formei se realizează şi evacuarea gazelor din metalul lichid şi deci eliminarea suflurilor şi porozităţilor din piesa turnată.

In ultimul timp în turnătorii se răspîndeşte folosirea acestei metode la turnarea bucşelor din aliaje neferoase (bronz, alamă).

In acest scop se foloseşte o formă metalică numit cristalizator din cupru cu pereţi dubli răciţi cu apă. Schema instalaţiei utilizate este prezentată în fig. 8.94.

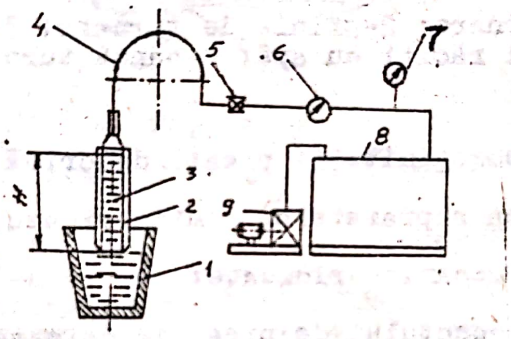


Fig. 8.94

Instalaţie pentru turnare prin aspiraţie sub vid.

1-creuzet cu aliajul lichid; 2-cristalizator;
3-coloană de aliaj aspirat; 4-conductă flexibilă;
5-robinet cu 3 poziţii; 6-regulator de presiune;
7-vacuumetru ; 8-rezervor; 9-pompa cu vid.

Cristalizatorul are diametrul interior egal cu diametrul exterior al bucşei care se toarnă. Cristalizatorul la partea superioară se poate pune în legătură cu o instalaţie de vid. Turnarea decurge în modul următor:

- capătul de jos al cristalizatorului este introdusă prin intermediul unui cap inelar din material refractar, în baia de lichid pe o adîncime de 15-20 mm;

- cristalizatorul se pune în legătură cu instalaţia de vid. Datorită depresiunii create în interiorul formei, metalul

lichid este supus unei forţe ascensionale şi umple cavitatea formei.

Înălţimea de aspiraţie H este dată de relaţia:

$$H = \frac{\Delta p}{\gamma}$$

în care:

Δp - este depresiunea

γ - greutatea specifică a aliajului

Aliajul aspirat sub acţiunea pereţilor reci începe solidificarea. Grosimea stratului solidificat depinde de timpul de menţinere sub vid.

- După realizarea unei cruste solide de grosime determinată, partea superioară a formei este pusă în legătură cu presiunea atmosferică şi cristalizatorul se ridică. Aliajul lichid din interior se scurge în creuzet. Prin răcire bucşa se contractă micşorîndu-şi diametrul astfel că poate fi scoasă uşor din cristalizator. In mod analog pot fi turnate inele, roţi dinţate, bare etc. de dimensiuni relativ mici din aliaje cu greutate specifică redusă, folosind cristalizatoare cu configuraţia interioară identică cu forma exterioară a piesei ce se toarnă.

In ce priveşte pentru partea interioară a pieselor în cazul cînd nu se toarnă pline se procedează fie prin întreruperea aspiraţiei după un anumit timp şi scoaterea cristalizatorului din baia metalică aşa cum s-a arătat mai sus, fie folosind miezuri obişnuite.

Metoda prezintă următoarele avantaje:

- productivitate mare;
- coeficient ridicat de folosire a aliajului lichid;

- calitatea superioară a produsului datorită compactităţii materialului, a structurii fine şi lipsei microretasurilor şi microsufluriler.

8.14. Metode de formare şi turnare speciale în forme temporare

După cum s-a arătat, o formă temporară obişnuită se compune de obicei dintr-un strat interior realizat din materiale noi - amestec de model - şi stratul exterior - stratul de umplere - care are rolul de a consolida amestecul de model, deoarece acesta trebuie să reziste la presiunea metalului lichid şi la temperatura de turnare.

Cu toate că stratul de umplere îndeplineşte un rol relativ minor, are o grosime mult mai mare decît cel de model. Punîndu-se problema eliminării totale sau parţiale a amestecului de umplere au apărut metode moderne de executare şi turnare în coji . Intr-adevăr formele fără amestec de umplere se prezintă ca o coajă sau ca o mască de unde le vine şi denumirea de forme-coji sau forme măşti. Formele coji trebuie să aibă o rezistenţă mecanică ridicată care se poate realiza numai cu anumiţi lianţi şi numai în anumite condiţii.

In cele ce urmează se vor prezenta cîteva metode speciale de formare şi turnare atît în forme coji cît şi în alte tipuri de forme temporare, mai răspîndite în turnătorii.

8.14.1. Turnarea în forme-coji cu liant de bachelită

Această metodă numită pe scurt turnare în coji este în plină dezvoltare avînd un domeniu larg de aplicare. Poate fi considerată ca un procedeu de turnare de precizie. Specificul

procedeului constă în formele de turnare cu pereţi subţiri de grosime uniformă de rezistenţă ridicată. Se bazează pe folosirea unui amestec de formare din nisip cuarţos spălat, avînd ca liant pulbere de bachelită în proporţie de 8 ... 10%, sau alte răşini sintetice termoreactive şi urotropină (hexametilen-tetramină) de calitate industrială în proporţie de 0,5 - 1% pentru activarea transformării răşinii în forme stabile.

Din grupa răşinilor termoreactive fac parte: poliesterii şi răşinile xilenol-formaldehidice, melamin-formaldehidice, resorcine-formaldehidice şi fenol-formaldehidice. Cele mai bune rezultate practice şi economice au fost obţinute cu răşinile fenol-formaldehidice stabile de tip novolac.

A. Prepararea amestecului de formare

La prepararea amestecului de formare, pentru a se obţine maximum de rezistenţă la un consum minim de răşină, se cere ca aceasta să fie cît mai uniform repartizată pe grăunţii de nisip. Această repartizare se poate obţine pe cale uscată, pe cale umedă şi pe cale semiumedă.

Metoda de preparare uscată este mai ieftină şi constă în a distribui răşina sub formă de praf, măcinată fin şi care să adere la suprafaţa grăunţilor de nisip cît mai uniform, evitîndu-se fenomenul de segregare. Se adaugă urotropina necesară. Pentru o cît mai bună aderenţă a răşinii, nisipul se poate amesteca cu ulei, motorină sau petrol. Pentru uşurarea desprinderii cojii de pe placa model, acestea se ung. Pentru ungere se folosesc compuşi ai siliciului (ulei de silicon), stearat de Ca dizolvat în petrol, etc.

Metoda de preparare umedă constă în folosirea unui liant lichid (un rezol lichid sau o răşină solidă dizolvată

într-un solvent), care se amestecă bine cu nisipul uscat şi cernut în prealabil şi cu urotropina necesară. Apoi se lasă amestecul să se usuce liber , ori se forţează prin uscare, prin încălzire la temperaturi sub 100° , după care se macină şi se cerne. Metoda asigură un amestec omogen, dar prezintă dezavantajul că trebuie uscat pînă a eliminarea solventului.

Metoda de preparare semiumedă, este o cale intermediară între cele două metode prezentate. Constă în amestecarea nisipului uscat şi cernut cu praf de răşină solidă şi urotropină, apoi se umezeşte cu un solvent corespunzător (acetonă, alcool) în proporţie de cel mult 2% şi se continuă amestecarea circa o jumătate de oră. Repartizarea liantului pe grăunţi de nisip se face sub forma unui film aderent însă neuniform distribuit.

Schema de preparare a amestecului de formare prin metoda semiumedă este prezentată în fig. 8.96.

B. Plăci de model pentru formare

Pentru confecţionarea plăcilor de model de cele mai multe ori se foloseşte fonta. Se mai folosesc: aluminiul, bronzul şi oţelul.

Proiectarea lor şi prelucrarea lor trebuie efectuate în cele mai bune condiţii, deoarece prin metoda de turnare în coji se urmăreşte obţinerea unor piese de precizie. Caracteristicile constructive ale plăcilor de model se stabilesc în funcţie de forma şi mărimea pieselor care se toarnă. Grosimea plăcilor trebuie să fie destul de mare (peste 12 mm) pentru ca să asigure o capacitate termică suficient de mare, deoarece placa model încălzită trebuie să furnizeze pe de o parte căldura necesară pentru înmuierea liantului, iar pe de altă parte să-şi menţină la suprafaţă o temperatură potrivită, care să asigure

continuitatea procesului de întărire.

Pentru uşurarea extragerii cojii după formare, la executarea modelelor, suprafeţele perpendiculare pe planul de separaţie se fac uşor înclinate (între 15' şi 2°).

La dimensionarea modelelor se ţine seama de contracţia în stare solidă a metalului care se toarnă de dilatarea modelului la temperatura de regim şi de contracţia cojii.

In fig. 8.95 se prezintă spre exemplificare o placă de model prevăzută pe lîngă modelele şi reţeaua de alimentare şi cu o serie de elemente ajutătoare.

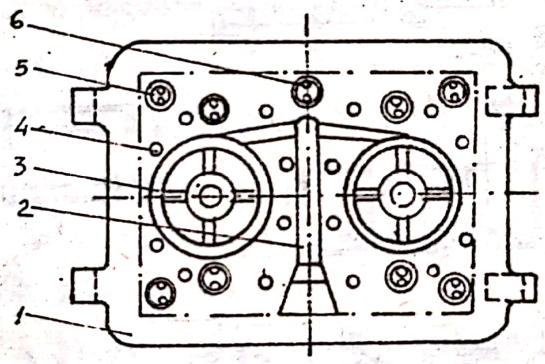


Fig. 8.95

1-placa model; 2-reţea de turnare; 3-model;
4-ridicător; 5-ghidaj; 6-distanţier.

Dimensionarea reţelei de turnare se face pe baza principiilor generale de execuţie a reţelelor.

Formarea, asamblarea şi turnarea

Formele cojii cu liant termoreactiv se execută numai pe cale mecanizată şi numai cu plăci de model metalice. Maşinile lucrează prin cădere sau prin suflarea amestecului.

1. Confectionarea formelor coji prin căderea amestecului termoreactiv

In fig. 8.96 se prezintă schema de principiu a unei maşini de format coji prin cădere liberă a amestecului cu rezervor (cutie de formare) basculant.

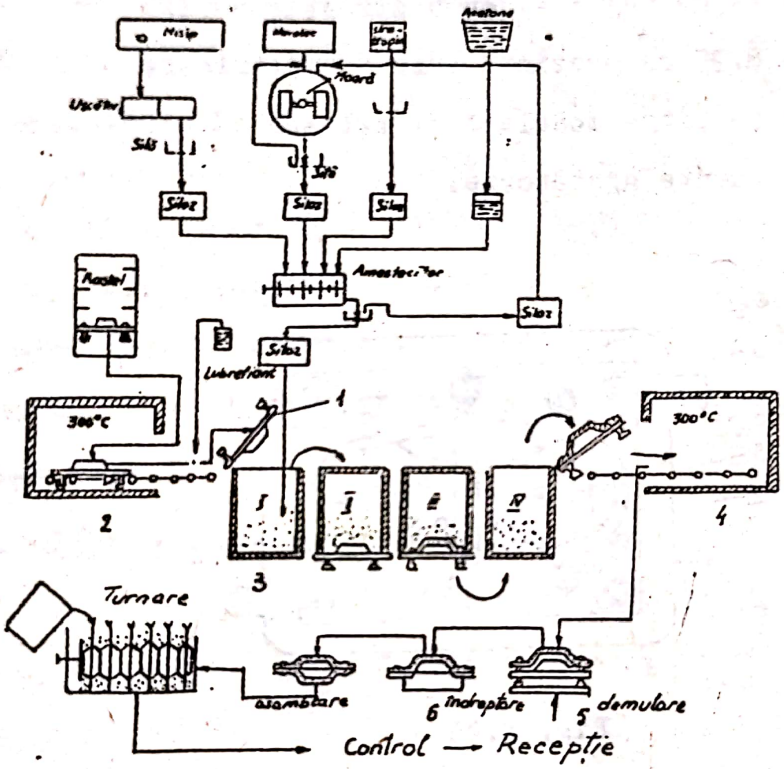


Fig. 8.96

1-placă model; 2-cuptor; 3-cutie (rezervor basculant) de formare; 4-cuptor; 5-dispozitiv de extragere; 6-cadru de îndreptare.

Schematic procesul tehnologic este următorul: amestecul de formare preparat prin una din metodele amintite se introduce în rezervorul dispozitivului de formare 3. Apoi placa de model 1 încălzită în cuptorul 2 la temperatura de 250-300°C se unge sau se stropeşte cu o soluţie de desprindere şi se aşază prin rabatare peste rezervorul de formare basculant cu modelul în

jos (poziţia I fig. 8.96). Se fixează de aceasta cu dispozitivul de strîngere şi apoi se basculează tot ansamblul cu 180° (poziţia II şi III). In această poziţie amestecul de formare cade sub greutatea proprie pe placa de metal preîncălzită. Pentru o aşezare cît mai bună, astfel ca în coaja formată să se imprime chiar şi cele mai mici amănunte ale modelelor, instalaţia de formare se prevede în mod obişnuit cu un mecanism de vibrare. Căldura plăcii produce o înmuiere a liantului şi lipirea de placă a unui strat de amestec cu grosimea între 4 .. 8 mm, în funcţie de durata de menţinere în această poziţie (1o .. 2o sec). După oprirea vibratorului şi răsturnarea cutiei (poziţia IV), surplusul de amestec cade pe fundul cutiei, iar coaja formată rămîne pe placa model. Se scot închizătoarele din funcţie, se rabate placa în balamale cu 180° şi se introduce împreună cu coaja crudă în cuptorul 4 unde se menţine la temperatura de 3oo ... 350°C timp de 2 min. pentru polimerizare şi întărirea definitivă a liantului. Urmează extragerea cojii de pe placa model cu ajutorul unor împingătoare care trec prin placa model, se îndreaptă şi apoi este lăsată să se răcească. In acest fel se execută coji pereche care se ansamblează între ele cu ajutorul unor cleme, arcuri sau prin lipirea marginilor suprafeţelor de separaţie. Dacă este cazul, în prealabil se aşază în forme şi miezurile necesare.

Centrarea cojilor una faţă de alta, se face cu ajutorul cepurilor proeminente de pe o semiformă, care pătrund în locaşurile corespunzătoare de pe cea de-a doua semiformă.

Pentru turnare, cojile asamblate se aşază şi se fixează în poziţie verticală într-un cheson sau cutie metalică, spaţiul dintre formele coji fiind apoi umplute cu alice de fontă cu granulaţia de 1 ... 6 mm sau cu nisip (operaţia de balastare),

pentru ca în timpul turnării presiunea metalostatică să nu desfacă sau să deformeze cojile.

Turnarea pieselor în forme-coji cu liant termoreactiv este o metodă avansată de muncă, de aceea s-au construit mașini și agregate automate cu pînă la 18 posturi de lucru.

Formele-coji cu liant termoreactiv au rezistență și permeabilitate foarte ridicată. In timpul turnării și răcirii pieselor lianții termoreactivi ard astfel că desbaterea pieselor turnate se face prin simpla lor scuturare.

In practica turnării o aplicare din ce în ce mai mare au miezurile coji, folosite atît la formele coji cît și la formele metalice, datorită permeabilității și rezistenței lor ridicate.

Pentru executarea miezurilor coji, se folosește de obicei același material ca și pentru formele coji. Cutia de miez, confecționată din fontă, oțel sau aluminiu, se încălzește în cuptor pînă la temperatura de regim stabilită, se unge pe suprafețele interioare de lucru apoi se umple cu amestec de formare termoreactiv, după formarea cojii surplusul de amestec se elimină din cutie, rezultînd miezul gol în interior. Menționăm faptul că executarea miezurilor se face frecvent cu ajutorul dispozitivului de suflat miezuri. Aici sub influența presiunii aerului (3-5 kgf/cm^2) care vine de la compresor, amestecul este suflat printr-o duză verticală în cutia de miezuri timp de circa 15 secunde. Aerul care a pătruns în cutie se evacuează treptat prin orificiile înguste ale planului de separație al cutiei, iar amestecul de formare rămîne proiectat pe întreaga suprafață interioară a cutiei formînd o crustă.

Miezul crud se introduce împreună cu cutia într-un cuptor pentru coacere la temperatura de 300 ... 350°C, timp

de circa 1 minut, apoi se scot din cutie în vederea utilizării.

In comparaţie cu turnarea în amestec de formare, sau în forme metalice, turnarea în coji cu lianţi termoreactivi, prezintă o serie de avantaje tehnico-economice:

- se obţin piese cu precizie dimensională ridicată (abaterile fiind de circa ± 0,2%) şi cu o suprafaţă netedă, curată;

- adaosurile de prelucrare pot fi reduse şi uneori chiar înlăturate, obţinîndu-se importante economii de metal şi micşorîndu-se volumul prelucrărilor prin aşchiere;

- tehnologia formării este simplă, cu productivitate mare şi se pretează la automatizare;

- permeabilitatea ridicată a cojilor asigură o bună eliminare a gazelor în timpul turnării, iar conductibilitatea termică redusă a cojilor împiedică formarea crustei dure la piesele turnate.

- domeniul larg de aplicare în ceea ce priveşte mărimea pieselor şi natura aliajelor;

- consum redus de amestec pentru formare (0,8-1 kg amestec pe kg de piese turnate, faţă de 4-10 kg amestec normal de formare la turnarea în forme crude;

- condiţii uşoare de păstrare şi transport a cojilor.

Dintre dezavantajele metodei menţionăm:

- consum mare de lianţi termoreactivi care sînt scumpi;

- plăcile de model trebuie executate foarte precis.

Metoda este recomandabilă pentru turnarea în serie şi masă a pieselor cu greutatea între 0,1 şi 100 kg.

Deşi la prima vedere metoda de turnare în forme coji apare ca un procedeu de turnare scump, din cauza costului ridicat al liantului de bachelită, prin economiile de metal şi

manoperă ce se realizează, acest lucru este compensat, încît, comparativ cu turnarea obişnuită, turnarea în coji aduce o reducere medie a preţului de cost la piesele turnate cu 20% iar la piesele finite cu 30%. Menţionăm că această metodă de formare şi turnare este larg aplicată în turnătoriile întreprinderilor constructoare de maşini din ţara noastră, cum sînt: Intreprinderea de "Autocamioane" Braşov, Intreprinderea "Tractorul" Braşov, "Semănătoarea" Bucureşti, Intreprinderea "23 August" Bucureşti, Intreprinderea Metalurgică Cugir, etc. In particular remarcăm că metoda este mult folosită pentru turnarea de diferite repere din aliaje neferoase şi fontă pentru maşinile textile, în turnătoriile întreprinderilor metalurgice constructoare de maşini textile din ţara noastră cum sînt: "Metalotehnica" Tg.Mureş, "IMATEX" TG.Mureş, I.U.P.S. Botoşani etc.
Semnalăm că în ultimul timp, din cauza preţului ridicat al liantului de bachelită, s-a dezvoltat şi procedeul de obţinere a formelor coji fără bachelită, folosind ca liant sticla solubilă, unde întărirea cojii se face cu CO_2 .

2. Confecţionarea formei coji prin suflarea amestecului

Prin această metodă se confecţionează atît forme coji cît şi miezuri coji. Amestecul de formare se suflă cu aer comprimat, grosimea cojii fiind limitată de o placă de contur. Modelele metalice sînt montate pe plăci de model tot metalice. In fig. 8.97 se prezintă schematic o maşină de confecţionat coji prin suflarea amestecului.

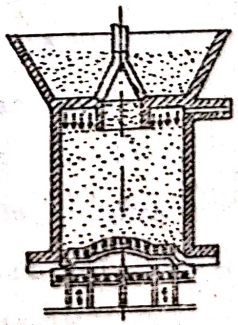


Fig. 8.97.

Această metodă se foloseşte în fabricaţie de serie şi masă a pieselor cu greutatea maximă de 150 - 200 kg, asigurîndu-se o productivitate

foarte mare. La maşinile de format cu cădere liberă a amestecului, gradul de îndesare şi corespunzător rezistenţa mecanică a formei coji au valoare scăzută, ceea ce determină necesitatea îngroşării cojii s-au creşterea conţinutului de liant. De aceea executarea formelor coji la maşini de format prin suflare, la care mai nou, se practică şi o îndesare prin presare cu sabot cald, este mai avantajoasă din punct de vedere economic deoarece conduce la grade de îndesare superioare.

Ca şi în cazul confecţionării formelor coji la maşinile prin cădere liberă a amestecului şi aici urmează aceleaşi operaţii de încălzire pentru întărire, extragerea cojii de pe placa model, îndreptarea şi în final asamblarea semiformelor coji şi turnarea.

60. 8.14.2. Turnarea de precizie cu modele uşor fuzibile

Este de fapt tot o metodă de turnare în forme coji, deosebindu-se de metoda precedentă prin tehnologia de confecţionare a formelor coji. Inconvenientul turnării în forme coji din mai multe bucăţi, adică cu suprafaţă de separaţie, constă în faptul că există posibilitatea apariţiei bavurilor şi a abaterilor dimensionale în direcţia perpendiculară pe suprafaţa de separaţie a formei. Acest inconvenient este înlăturat la turnarea în forme coji obţinute cu modele fuzibile, procedeu care permite realizarea unei coji fără suprafaţă de separaţie. Deşi acest procedeu a fost cunoscut şi folosit în Egipt cu circa 4ooo de ani în urmă la confecţionarea unor obiecte de artă, folosirea pe scară industrială, în urma perfecţionărilor aduse, s-a realizat abia în ultimele trei decenii.

Turnarea de precizie se bazează pe confecţionarea modelelor şi a reţelei de turnare prin presarea în matriţă a

unui amestec ușor fuzibil, acoperirea acestor modele cu o masă refractară ceramică, dintr-un amestec special de formare (cuarț + liant) obținîndu-se forma coajă, iar după topirea modelului urmează calcinarea formei și umplerea cu metal lichid pentru obținerea pieselor turnate.

Operațiile principale ale procedeului sînt:

- executarea matriței pentru modelele fuzibile;
- executarea modelului fuzibil;
- asamblarea modelelor în ciorchine;
- executarea formei de turnare (crustei);
- topirea și evacuarea modelului fuzibil;
- uscarea și calcinarea formelor;
- turnarea pieselor;
- dezbaterea, curățirea și controlul pieselor.

La executarea matrițelor pentru modele se ține seama de dimensiunile piesei, de **contracția** modelului fuzibil și a aliajului din care se toarnă piesa, precum și de dilatarea crustei refractare în timpul uscării și calcinării acesteia. Matrițele se pot executa din mase plastice, clei, ipsos, cauciuc, aliaje ușor fuzibile și din oțel. La serii mari sînt necesare matrițe executate din oțel prin prelucrări mecanice cu precizie ridicată.

Modelele ușor fuzibile se execută din amestecuri de stearină, parafină, ceară de albină, cerezină, mase plastice etc., preparate după diferite rețete, cele mai recomandate fiind amestecurile pe bază de stearină și parafină. Amestecul ușor fuzibil este încălzit la temperatura de topire și injectat cu presiune, cu prese de mînă sau cu prese mecanice speciale așa cum se vede în fig. 8.98, în matrițele metalice unse cu ulei vegetal.

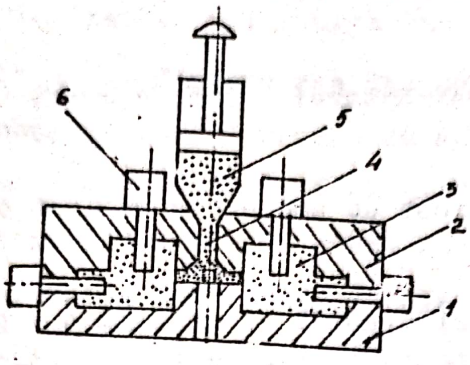


Fig. 8.98

1-matriţă inferioară; 2-matriţă superioară; 3-model; 4-reţea de alimentare; 5-sistem de presare; 6-miezuri.

Pentru piesele mici amestecul se presează în stare păstoasă iar pentru cele mari în stare lichidă. Urmează introducerea matriţelor umplute într-un bazin cu apă rece unde se menţin pînă la solidificarea amestecului. Apoi se demontează se scot modelele se finisează si se depozitează pe tăvi.

In cazul turnării pieselor mici se face asamblarea modelelor în ciorchine (fig.8.99.b) care se realizează prin lipirea acestora pe piciorul pîlniei de turnare, obţinut prin acoperirea cu un strat de ceară de grosime corespunzătoare a unei tije de aluminiu (fig.8.99.a).

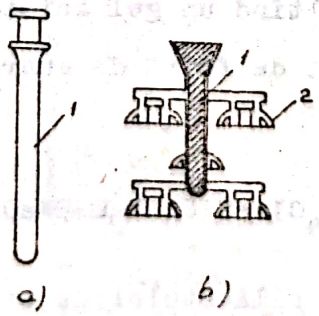


Fig. 8.99
Reţea de turnare în ciorchine cu modele uşor fuzibile.
a-piciorul pîlniei de turnare; b-reţea de turnare în ciorchine.

Executarea crustei refractare. Forma de turnare este constituită dintr-o crustă refractară pentru executarea căreia obişnuit se folosesc:

- materiale refractare: făină de cuarţ (marşalită), nisip cuarţos;

- lianţi: silicat de sodiu sau silicat de etil hidrolizat.

Cu marşalită şi liantul se prepară o vopsea de anumită vîscozitate (5o ... 6o% marşalită şi 5o ... 4o% liant) care serveşte la formare.

Menţionăm că pentru turnarea oţelurilor cu o temperatură de topire foarte ridicată, se folosesc ca materiale refractare bioxid de zirconiu, bioxid de titan sau alţi oxizi cu refractaritate ridicată.

Pentru executarea crustei refractare care constituie forma pentru turnare, ciorchinele cu modele se cufundă în baia de vopsea în care se menţine 1o ... 15 sec., agitîndu-se uşor, se scot apoi şi se menţin deasupra băii pînă se scurge surplusul de vopsea. Apoi ciorchinele se introduc sub un aparat de presărat nisip cuarţos fin, unde se acoperă cu un strat uniform de nisip. In continuare ciorchinele se cufundă într-o baie de fixare cu soluţie apoasă de clorură de amoniu unde se menţin cel puţin 1,5 min. Silicatul de sodiu sub acţiunea clorurii de amoniu se descompune, rezultînd un gel coloidal de silice care leagă granulele de nisip şi de făină de cuarţ într-o masă monolită dură:

$$Na_2O.nSiO_2+2NH_4Cl=nSiO_2.H_2O+2NaCl+2NH_3$$

In cazul folosirii silicatului de etil drept liant în vopsea operaţia de fixare se realizează prin introducerea cior-

chinelui presărat cu nisip într-un curent de amoniac.

După fixare ciorchinele se ţin într-un curent de aer timp de 2o ... 4o min. pentru eliminarea amoniacului şi apei. Se repetă apoi procesul de formare aşa cum s-a arătat formîndu-se 4 ... 8 straturi, obţinîndu-se o crustă de grosime necesară.

Urmează evacuarea modelului fuzibil din formă prin topire şi recuperarea amestecului. In acest scop se poate aplica topirea modelului pe calea umedă într-o baie cu apă caldă la temperatura de 8o ... 9o°. Modelul fuzibil se topeşte şi se ridică la suprafaţa apei de unde se recuperează şi se foloseşte la alte modele. Evacuarea modelelor se poate face şi pe cale uscată prin insuflare de aer cald la temperatura de 7o ... 8o°C sau de aburi la 11o ... 135°C în spaţiul ciorchinelui. Amestecul se topeşte şi curge afară din formă. In continuare pentru arderea materialelor organice rămase în formă şi încheierea proceselor de întărire, formele coji se usucă la 175 ... 3oo°C, iar apoi se introduc în cutii metalice individual sau în grupe de ciorchine, pentru calcinare şi turnare. Spaţiile libere dintre ele se umple cu nisip.

In fig. 8.1oo se prezintă pentru exemplificare o formă ciorchine împachetat în cutie.

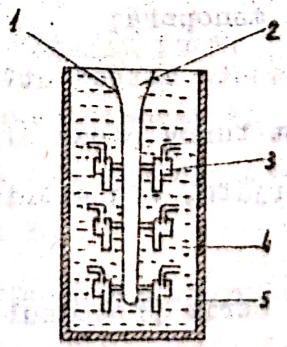


Fig.8.1oo
Formă ciorchine.
1-crustă; 2-pîlnie centrală; 3-piese;
4-nisip; 5-cutie.

După împachetare cutiile se introduc în cuptoare pentru calcinare, temperatura ridicîndu-se lent pînă la 900 .. 950°C. Formele se scot din cuptor cu cîteva minute înainte de turnare, turnarea efectuîndu-se în forme calde cu temperatura de minimum 725°C.

După turnare, dezbaterea formelor răcite se face pe un grătar metalic prin lovituri de ciocan prin care se sparge şi se îndepărtează crusta sau prin vibrare mecanică. Curăţirea pieselor turnate se efectuează prin sablare, pe cale chimică cu soluţii alcaline sau cu ultrasunete.

Turnarea de precizie cu modele fuzibile prezintă o serie de avantaje tehnico-economice importante. Astfel:

- precizia pieselor turnate este foarte mare, de ordinul sutimilor de mm. Se elimină adaosurile de prelucrare şi în consecinţă dispare necesitatea prelucrării mecanice ulterioare prin aşchiere;

- suprafaţa pieselor turnate este de calitate superioară. Deoarece forma de turnare nu prezintă plane de separaţie, piesele turnate nu au bavuri;

- se pot obţine piese cu configuraţii complicate, fabricarea cărora pe calea prelucrării mecanice ar fi costisitoare. Prezintă superioritate economică faţă de matriţare atît la economia de metal cît şi la manoperă;

- se pot turna prin această metodă atît aliaje feroase, cît şi neferoase. Astfel se pot turna piese din aliaje dure şi foarte dure, care nu pot fi forjate, sau matriţate şi se prelucrează greu prin aşchiere.

- în cazul turnării în serie procedeul este rentabil, putîndu-se realiza reduceri de preţuri de cost cu 30 ... 80%.

Prin caracteristicile sale turnarea în forme coji confecţionate cu modele fuzibile se pretează exclusiv la fabricaţia de serie sau de masă a pieselor relativ mici (sub 100 kg) de mare precizie, executate în special din oţeluri de construcţie înalt aliate şi oţeluri de scule. Astfel această metodă de formare şi turnare este folosită frecvent la turnarea pieselor mici cu formă complicată pentru avioane, maşini de cusut, maşini de calculat, maşini textile (la Intreprinderea "Unirea" Cluj, IMATEX Tg.Mureş, "Metalotehnica" Tg.Mures etc.) maşini agricole, piese pentru pompele de injecţie a motoarelor Diesel (la Intreprinderea Mecanică din Sinaia), piese pentru maşini de scris, aparate de fotografiat şi de proiecţie, instrumente chirurgicale, palete de turbine, sape cu role pentru foraj, scule cu configuraţie complicată, scule de aşchiere (freze, burghie, alezoare etc.) care au nevoie numai de ascuţire şi altele.

O altă metodă modernă de precizie este aceea a folosirii modelelor de mercur îngheţat, care la -40°C sînt acoperite prin cufundare cu un strat de material ceramic refractar pe bază de oxid de aluminiu, zirconiu sau titan, restul operaţiilor fiind asemănătoare cu cele arătate la modele uşor fuzibile.

61 8.14.3. Turnarea în forme întărite cu bioxid de carbon

Acest procedeu a apărut în 1953 şi este cunoscut în literatură de specialitate sub denumirea de procedeul Dietert sau prescurtat procedeul D.

Procedeul constă din folosirea unui amestec de nisip de cuarţ cu 5-6% silicat de sodiu (sticlă solubilă) care se aplică pe model şi se îndeasă manual sau mecanic. După îndesare se insuflă circa 0,5 ... 3 minute bioxid de carbon la o

presiune de 1-3 daN/cm^2 prin interiorul formei. Sub acţiunea bioxidului de carbon silicatul de sodiu reacţionează chimic şi amestecul se întăreşte ajungîndu-se la rezistenţe pînă la 13 daN/cm^2 forma fiind gata pentru turnare fără a mai fi nevoie de uscare sau de altă preparare. Intărirea se bazează pe următoarea reacţie chimică:

$$Na_2O.nSiO_2 + CO_2 + mH_2O = nSiO_2.pH_2O + Na_2CO_3(m-p)H_2O$$

(sticlă solubilă) (silicagel) (carbonat de sodiu)

Silicagelul are calitatea de liant şi leagă granulele de cuarţ într-o masă compactă şi rezistentă.

Pentru turnarea prin acest procedeu materialele pentru formare trebuie să îndeplinească anumite condiţii. Astfel:

- nisipul de cuarţ trebuie să fie cît mai curat, să aibă o granulaţie între 0,06 ... 0,6 mm şi un conţinut de argilă între 3 şi 4% ;

- silicatul de sodiu trebuie să aibă modulul m cuprins între 2,0 şi 3,028 şi densitatea între 1,52 şi 1,56;

Modulul silicatului de sodiu este dat de relaţia:

$$m = \frac{\%\ SiO_2}{\%\ Na_2O} \cdot 1{,}032$$

Cu cît modulul este mai ridicat, cu atît viteza de transformare este mai mare. Un amestec la care silicatul de sodiu are un modul cuprins între 2,9 şi 3,0 , începe să se întărească în aer, după 15 ... 20 s, iar cu 2,2 ... 2,5 după cîteva minute.

Cu acest procedeu se pot executa atît forme cît şi miezuri. Deoarece la încălzire amestecul se întăreşte foarte mult, miezurile se dezbat cu mare greutate. Pentru uşurarea dezbaterii în amestec se adaugă 5-6 % cărbune.

Formarea se execută la fel ca formarea manuală sau mecanică obişnuită, cu amestec de model şi de umplutură în care amestecul de model este un amestec cu sticlă solubilă. In felul acesta se reduce consumul de amestec cu silicat de sodiu. Prin folosirea unui strat mai gros de amestec de model (cu sticlă solubilă) se poate realiza o formă coajă.

Amestecurile în stare crudă neprezentînd o rezistenţă corespunzătoare, întărirea totală sau parţială a amestecului se face înainte de extragerea modelului din formă sau a miezului din cutia de miez. Insuflarea se realizează prin adaptarea plăcii model sau a cutiei de miez în acest scop.

Astfel în fig. 8.1o1 se prezintă spre exemplificare schema unei semiforme cu amestec de nisip cu sticlă solubilă întărit cu CO_2.

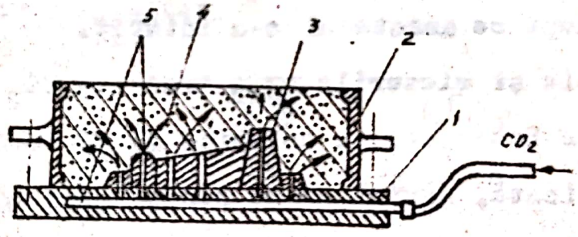


Fig. 8.1o1

1-placă model; 2-ramă de formare; 3-model;
4-amestec de formare cu sticlă solubilă;
5-canale pentru CO_2 .

Executarea miezurilor se face la fel ca şi în cazul folosirii de amestecuri obişnuite în cutii de lemn sau metalice, îndesarea făcîndu-se manual sau mecanic.

Urmează insuflarea de CO_2 care se poate face fie direct printr-o conductă cu găuri (fig.8.1o2.a), fie prin orificii în cutia de miez (fig.8.1o2.b şi c), prin care pătrunde CO_2 în amestec.

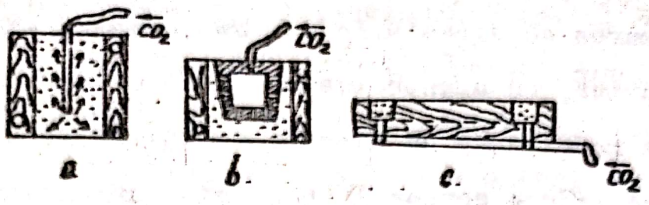


Fig. 8.102

a-prin conductă cu găuri; b şi c - prin orificii în cutia de miez.

In cazul pieselor mici sau a unicatelor unde nu este rentabilă practicarea orificiilor de insuflare a CO_2 prin placa de model şi prin model, insuflarea CO_2 se face prin găurile de aerisire date anterior în formă sau miez prin intermediul conductei de legătură de la butelie.

Aplicarea mai largă a acestui procedeu este justificată prin avantajele pe care le prezintă. Astfel:

- se pot obţine piese precise întrucît scoaterea modelului se face după ce amestecul s-a întărit.

- formele şi miezurile prin trecerea CO_2 şi în urma reacţiei chimice între sticla solubilă şi CO_2 dobîndesc o permeabilitate ridicată, astfel că se reduce pericolul apariţiei suflurilor;

- se simplifică procesul tehnologic de formare prin eliminarea operaţiei de uscare;

- se măreşte productivitatea formării;

- se pot înlocui lianţii mai scumpi pentru miezuri;

- se poate utiliza un singur tip de amestec pentru forme şi miezuri.

Procedeul prezintă şi cîteva dezavantaje:

- dezbaterea formelor se face mai greu decît a formelor obişnuite, iar cea a miezurilor este deosebit de grea;

- consumul de bioxid de carbon este destul de mare şi uneori apar greutăţi care apar la exploatare prin îngheţarea conductelor de CO_2.

Ţinînd seama de avantajele procedeului, se recomandă folosirea la turnarea:

- pieselor mici de oţel şi fontă direct în miezuri (fără rame de formare);

- pieselor mari de oţel şi fontă unde se impune necesitatea uscării formelor, precum şi a pieselor din aliaje neferoase, la care formele trebuie să aibă o permeabilitate foarte ridicată.

8.14.4. Turnarea în forme executate cu modele din polistiren

Este un procedeu nou de executare a formelor brevetat şi aplicat pentru prima dată în S.U.A. în anul 1958.

Polistirenul este o masă plastică ce se obţine prin polimerizarea stirenului, adică:

$$\left[\begin{array}{cccccc} C_6H_5 & & & C_6H_5 & & \\ | & & & | & & \\ -CH & - & CH_2 & - & CH & - CH_2 \end{array} \right] .n$$

Pentru confecţionarea modelelor se întrebuinţează polistirenul expandat livrat sub formă de plăci sau blocuri care se prelucrează la fel ca şi modelele de lemn, cu deosebirea că polistirenul se prelucrează mai uşor decît lemnul.

Caracteristica importantă a procedeului este că modelele din polistiren nu se mai extrag din formă, ci se volatilizează sub acţiunea căldurii degajate în timpul turnării de către aliajul lichid. Din acest motiv această metodă este cunoscută în literatura de specialitate şi cu denumirea de turnare în forme pline.

Pentru turnări de piese cu goluri nu se confecţionează

miezuri în cutii de miezuri ca la metodele de formare obişnuită, ci modelele din polistiren se prevăd cu goluri interioare aşa cum se arată spre exemplificare în figura 8.1o3.a. La formare în golul respectiv se introduce amestec de formare întocmai ca într-o cutie de miez (fig.8.1o3.b).

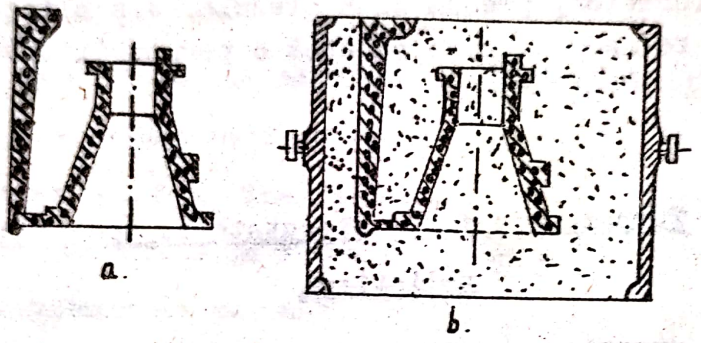


Fig. 8.1o3

Deoarece la formare polistirenul spongios se deformează uşor la îndesarea puternică a amestecului de formare, modelele din polistiren sînt indicate la formarea cu amestecuri cu liant de silicat de sodiu, întărite cu bioxid de carbon. Practica a arătat că în cazul pieselor mici cu greutate pînă la 3oo g se pot turna şi în forme de nisip cuarţos uscat fără nici un fel de liant.

Porii de pe suprafaţa modelului se astupă cu ceară sau parafină. Vopsirea refractară se aplică direct pe model înaintea formării. Turnarea se face în sifon cu maselote închise deoarece la turnarea directă se degajă o cantitate mare de gaz şi negru de fum. In cazul folosirii modelelor din polistiren se realizează o mare economie la formare, deoarece nu mai sînt necesare suprafeţe de separaţie, nu mai este necesară extragerea modelului din formă, nu mai este necesară montarea

miezurilor în formă, asamblarea formei, etc. Piesele turnate au precizie dimensională mare deoarece nu mai sînt necesare înclinările constructive la modele şi lipsesc bavurile şi deplasările în planul de separaţie.

Polistirenul este indicat şi la formarea cu modele din lemn, pentru executarea părţilor demontabile, a maselotelor închise, a flanşelor şi a altor proeminenţe care împiedică extragerea modelelor din lemn din amestecul de formare.

Pentru viitor se prevede extinderea folosirii modelelor din polistiren în turnătorii mai ales la turnarea pieselor individuale, mici.

Observaţie: Se mai folosesc uneori şi alte metode de turnare ca de exemplu :

- turnarea în forme de ciment;
- turnarea în ipsos etc., urmărindu-se obţinerea de piese cu dimensiuni cît mai precise, cu proprietăţi mecanice corespunzătoare şi la un preţ de cost cît mai mic.

8.15. Alte metode speciale de turnare

8.15.1. Turnarea în vid

Prin acest procedeu, datorită degazării metalului lichid înainte de turnare şi în timpul turnării cu ajutorul vidului, se pot obţine piese compacte cu proprietăţi mecanice foarte bune.

Menţionăm că principiul procedeului a fost prezentat în partea I-a, a cursului (vezi cap. 1.5.1o, "Turnarea şi tratarea oţelurilor sub vid" pag. 126).

Degazarea metalului topit sub vid se realizează fie în camera cu vid în care se aşază oala de turnare şi apoi se

execută turnarea în condiţii obişnuite (fig.8.1o4.a), fie în cuptoare de topire cu vid, în care se efectuează atît elaborarea cît şi turnarea în formă în vid înaintat (fig. 8.1o4.b).

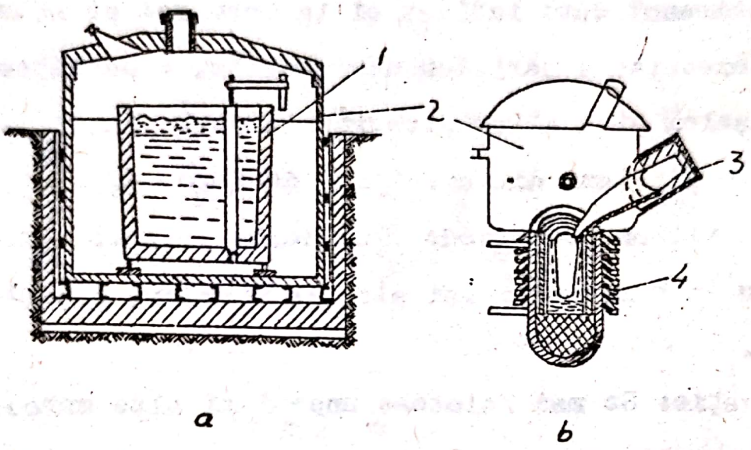


Fig. 8.1o4
Turnarea în vid.

a-cameră cu vid; b-cuptor cu cameră de vid şi ataşarea formelor:
1-oală de turnare; 2-cameră de vid; 3-formă;
4-cuptor cu inducţie.

Principalele avantaje ale acestei metode sînt:

- se pot obţine uşor metale şi aliaje care să nu conţină: oxigen, hidrogen, azot sau alte gaze;
- se evită pierderile prin oxidare;
- se pot obţine lingouri sau piese turnate compacte, fără sufluri cu proprietăţi mecanice foarte bune.
- consumul de energie electrică pentru o tonă de metal topit este mai mic faţă de turnarea obişnuită.

8.15.2. Turnarea într-un cîmp magnetic rotitor

Este o metodă simplă şi eficientă.

Cîmpul magnetic rotitor roteşte metalul cu ajutorul forţelor electromagnetice.

Se poate folosi ca sursă de creare a cîmpului rotitor statorul unui motor electric bifazat, trifazat sau multifazat.
Introducînd o formă cu metal lichid în acest cîmp, se induc curenţi care vor crea un alt cîmp şi acesta interacţionînd cu primul dau naştere la forţe ce rotesc lichidul.
Rotirea lichidului se accelerează rapid şi va atinge o viteză apropiată de a cîmpului (viteza de sincronism).

Lîngă peretele formei va rămîne însă un strat subţire cu viteză mică.

Fiind ca un strat calat, curenţii induşi aici vor fi deci foarte mari, creînd forţe de acţionare mari.
In zona de cristalizare şi în stratul apropiat acţionează forţe alternative perpendiculare între ele, particulele de metal vor vibra rezultînd structuri şi proprietăţi mecanice bune.
Din acest punct de vedere alegerea inducţiei B şi turaţiei sînt importante. Considerînd turnarea într-o formă cilindrică, lichidul se deplasează în raport cu stratul solidificat cu viteză foarte mare:

$$\omega = 2\pi r.n.$$

favorizînd structura.

Straturile de lichid mai apropiate de axa de rotaţie, sînt aruncate de forţele centrifuge spre periferie executînd o presiune asupra straturilor mai depărtate.

Solidificarea metalului începe cu o crustă care aderă la formă şi în care de asemenea se vor induce curenţi. Apar deci forţe care vor acţiona pe suprafaţa cilindrică şi pe cele frontale. Crusta plastică abia formată este apăsată puternic pe pereţii formei. Răcirea trebuie să fie făcută intens pentru că la o răcire lentă pot să alunece straturile de metal solid între ele.

Nu se recomandă folosirea formelor metalice deoarece în acestea apar curenţi turbionari.

Prin această metodă se asigură o amestecare intensă a materialului lichid, o presiune înaltă care se poate regla cu n (rotaţia lichidului) şi o structură superioară a metalului.

8.16. Defectele pieselor turnate şi remanierea lor.

Prin defect de turnare se înţelege orice abatere de la formă, dimensiuni, aspect exterior, macrostructură, microstructură, proprietăţi mecanice, chimice, electrice, etc., prescrise.

Defectele pieselor turnate sînt clasificate după STAS 782-64 în 7 grupe de defecte în cadrul cărora defectele se subîmpart în categorii (în total 42 categorii de defecte). Simbolizarea defectelor de turnare după STAS se face cu literele DT urmat de 2 sau 3 cifre. Prima cifră reprezintă grupa defectului (DT1 ... DT7), iar a doua sau a doua şi a treia cifră reprezintă categoria defectului în cadrul grupei respective. De exemplu DT1 cuprinde 8 categorii de defecte simbolizate DT11 ... DT18 .

In cele ce urmează se prezintă succint cele 7 grupe de defecte cu principalele categorii de defecte ce aparţin acestor grupe şi cauzele care le provoacă.

Grupa 1 (DT1) Forme, dimensiuni şi mase necorespunzătoare

Din această grupă fac parte următoarele defecte: umplere incompletă, deformarea piesei, bavura, dezaxarea, (deplasarea unei părţi a piesei turnate în raport cu cealaltă parte a ei), ştirbire la rece sau la cald, umflătura (este o proeminenţă sau îngroşare pe suprafaţa piesei turnate, datorită deformării formei sub acţiunea aliajului lichid sau

din cauza spălării formei de către jetul de metal), dimensiuni şi greutăţi necorespunzătoare. Cauzele care provoacă aceste defecte sînt:

- o fluiditate insuficientă a metalului,
- modelul deformat sau greşit executat,
- centrarea incorectă a ramelor la asamblarea formei,
- deplasarea modelelor pe placa model,
- uzura tijelor de ghidare,
- deformarea sau aşezarea incorectă a miezurilor,
- ridicarea formei sub acţiunea metalostatică a aliajului lichid,
- îndesarea insuficientă sau neuniformă a amestecului de formare,
- spălarea pereţilor formei de către metalul turnat,
- transportul neglijent al formelor,
- dezbaterea executată la o temperatură prea ridicată,
- manipularea şi transportul neîngrijit al pieselor turnate etc.

Grupa 2 (DT2) Defecte de suprafaţă

Aceste defecte afectează numai suprafaţa pieselor şi cele mai frecvent întîlnite sînt:

- aderenţa care este o crustă de amestec de formare pe suprafaţa piesei turnate şi care face corp comun cu ea. După cum s-a arătat aderenţa poate să fie termică, chimică sau mecanică.

- crusta este o placă metalică pe peretele piesei despărţită parţial de corpul piesei printr-un strat de amestec de formare. Se produc în urma crăpăturii şi cojirii suprafeţei formei, în special la cele uscate.

- caria se prezintă ca un canal viermicular cu margini neregulate şi uneori umplut cu nisip, este cauzat de generări prea mari de gaze la contactul metal-formă.

- cuta este o adîncitură sub formă de val, apare pe pereţii piesei turnate, din cauza gazelor sau a dilatării pereţilor formei.

- fagure se prezintă sub forma unor adîncituri concentrate pe suprafaţa piesei turnate şi se produc din cauza gazelor degajate din aliajul supraîncălzit şi supraoxidat.

- arsura este un strat de metal oxidat pe suprafaţa piesei turnate, care apare la recoacerea pieselor din oţel şi a celor din fontă albă pentru maleabilizare. Grosimea stratului oxidat poate atinge 2-3 mm.

Grupa 3 (DT3) Crăpături

Crăpăturile sînt discontinuităţi în pereţii pieselor turnate de diferite proveniente. Astfel se deosebesc:

- crăpături la cald care sînt discontinuităţi intercristaline în pereţii pieselor turnate care se produc la temperaturi ridicate ca urmare a frînării contracţiei la răcire de către forma de turnare. Crăpăturile la cald au formă neregulată, cu muchii zdrenţuite şi sînt oxidate.

- crăpăturile la rece nu au suprafeţele oxidate, au muchiile continue şi tăioase.

- crăpăturile de tratament termic sînt mai fine decît cele precedente şi se produc la aplicarea tratamentelor termice la piesele turnate din cauza încălzirii sau răcirii pieselor cu viteză prea mare.

- repriza sau sudura la rece este provocată de nesudarea a doi curenţi de aliaj care se întîlnesc în cavitatea

formei, în cazul cînd aliajul are o fluiditate prea scăzută. Se prezintă ca o brazdă pe suprafaţa piesei turnate.

Grupa 4 (DT4) Goluri în corpul piesei

Golurile întrerup continuitatea piesei şi sînt dăunătoare, deoarece îi micşorează secţiunea efectivă. După natura lor, golurile din piesele turnate pot fi: sufluri de formă rotunjită cu suprafeţe netede şi de culoare argintie, retasură deschisă sau închisă (interioară), microretasuri, etc.

Aceste defecte sînt cauzate de un conţinut mare de gaze în metalul topit, permeabilitatea scăzută a formei sau a miezului, uscarea incompletă a oalelor de turnare sau a jghiabului de scurgere a cuptoarelor, impurităţi care degajă gaze în amestecurile de formare, maselote insuficiente sau incorect plasate, etc.

Grupa 5 (DT5) Incluziuni

Incluziunile sînt corpuri străine care au fost incluse în aliajul lichid turnat, iar la solidificare au rămas înglobate în piesă, unde întrerup continuitatea piesei. După natura lor, se clasifică în incluziuni de zgură, incluziuni de nisip (de amestec de formare), incluziuni nemetalice (oxizi, sulfuri, silicaţi, aluminaţi, carburi, etc), picături reci, incluziuni metalice (sînt elemente metalice străine incluse în corpul piesei în timpul turnării, ca urmare a neatenţiei la asamblarea formelor), etc.

Aceste defecte sînt cauzate de folosirea unor amestecuri de formare necorespunzătoare, cu o rezistenţă scăzută, o îndesare insuficientă sau greşită a formei sau a miezurilor, o construcţie greşită a reţelelor de turnare, lipsa filtrului de zgură, turnarea neatentă a metalului în formă împreună cu

zgura, elaborare necorespunzătoare a aliajelor folosite la turnare, etc.

Grupa 6 (DT6) Defecte de structură cum sînt: necorespondenţa mărimii grăuntelui, segregaţii, structură necorespunzătoare prescripţiilor, strat decarburat , zonă dură (defect specific pieselor din fontă cenuşie şi constă în prezenţa unor zone izolate de cementită liberă care măresc duritatea piesei în zona respectivă). Cauzele care pot produce aceste defecte sînt: elaborarea necorespunzătoare a aliajelor topite, temperatură prea înaltă de turnare, o solidificare şi o răcire nepotrivită a pieselor, tratamente termice greşit aplicate, etc.

Grupa 7 (DT7) Compoziţie chimică, caracteristici mecanice şi fizice necorespunzătoare

In această grupă intră următoarele categorii de defecte:

- neconcordanţa compoziţiei chimice cu prevederile standardelor, a normelor sau ale condiţiilor tehnice;
- neconcordanţa proprietăţilor mecanice şi fizice faţă de prevederile standardelor, a normelor sau ale condiţiilor tehnice.

Cauzele care pot produce aceste defecte pot fi: materii prime necorespunzătoare şi elaborarea greşit condusă a aliajelor lichide, impurităţi în aliaje, viteză de răcire necorespunzătoare, tratament termic greşit aplicat şi altele.

63.

8.16.1. Remanierea defectelor pieselor turnate

Dacă defectele de turnare sînt fără mare importanţă, localizate pe suprafeţe sau secţiuni nesolicitate, se admite remedierea defectelor, aducînd piesa turnată, prin diferite

metode de remaniere, la calitatea admisă. Piesele care prezintă defecte importante care periclitează funcţionarea piesei şi care nu pot fi remediate se consideră rebut şi sînt trimise la retopire.

Remanierea pieselor turnate cu defecte mici, în funcţie de natura şi importanţa lor se realizează prin una din următoarele metode:

- stemuirea se face la piesele de mică importanţă, prin baterea cu ciocanul a suprafeţei defecte, realizînd o îndesare a materialului.

- impregnarea se aplică pentru înlăturarea porozităţilor, ca sufluri, microsufluri, microretasuri etc. Operaţia constă din presarea în aceste goluri la 4 ... 5 daN/cm^2 a unor soluţii cum sînt soluţiile de carbonat de sodiu, clorură de amoniu, de lac de bachelită etc. care se întăresc şi etanşează piesa;

- aplicarea unor dopuri presate sau înşurubate pentru eliminarea golurilor mai mari;

- Supraturnarea. Metoda se aplică la piesele din fontă de dimensiuni mari pehtru completarea părţilor rupte sau incomplet turnate. In acest scop se execută o formă locală din amestec de formare în jurul porţiunii care trebuie completată prevăzută cu un canal de scurgere a fontei lichide turnate şi cu un bazin pentru excesul de fontă lichidă. Se toarnă apoi o cantitate de fontă pînă ce local se realizează sudarea între aliajul supraturnat şi cel turnat propriu-zis.

In fig. 8.1o5 se prezintă schematic principiul acestei metode în cazul completării lipsei la flanşa unei conducte.

- Sudarea. Această metodă de remaniere dă rezultate bune la piesele turnate din aliaje cu sudabilitate bună cum sînt de exemplu oţelurile turnate. La celelalte aliaje trebuie

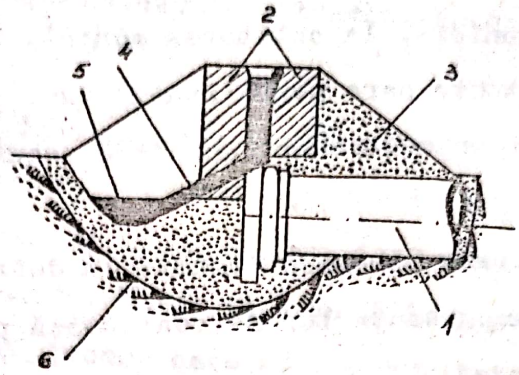


Fig. 8.1o5
Supraturnarea unei flanşe
1-piesa cu defect; 2-formă de nisip; 3-amestec de umplutură; 4-canal de scurgere; 5-baie de fontă lichidă; 6-groapă.

luate măsuri speciale de remaniere prin sudură. Astfel de exemplu la fonte care au o sudabilitate slabă, se recomandă sudarea la cald, unde piesele sînt preîncălzite la cca. 6oo°C înainte de sudare, iar după sudare răcirea pieselor remaniate trebuie să se facă cît mai lent. In cazul sudării la rece a fontei cenuşii, se întrebuinţează electrozi din aliaj monel. Cu unele excepţii în principiu însă, ca metal de adaos la sudare se întrebuinţează un material de aceeaşi compoziţie chimică cu a piesei. La orice piesă înainte de remaniere prin sudare, defectul de remaniat este îndepărtat prin tăiere cu dalta sau prin aşchiere.

Sudarea se execută numai pe suprafeţe metalice perfect curate.

- <u>Metalizarea suprafetelor defecte</u> prin pulverizare de asemenea poate fi folosită ca metodă de remaniere.

<u>Căi pentru evitarea rebuturilor</u>

Rebuturile fiind provocate de defecte constatate şi cunoscute, ele pot fi în principiu eliminate sau reduse acţio-

nînd asupra cauzelor ce le-au provocat.

Pentru a putea descoperi cauzele şi pentru a se putea lua măsurile necesare de îndreptare a procesului tehnologic, se ţine o evidenţă statistică exactă a defectelor şi rebuturilor apărute.

Ca linie generală, rebuturile pot fi eliminate printr-o tehnologie bună şi corect aplicată.

8.17. Controlul şi recepţia pieselor turnate

Asigurarea unei producţii de piese turnate de calitate corespunzătoare este dată de respectarea tuturor condiţiilor tehnologice în întreg ciclul de producţie. Ţinînd seama de complexul întreg al operaţiilor şi varietatea materialelor utilizate, respectarea condiţiilor tehnologice nu este posibilă fără un control bine organizat şi care să acopere tot cîmpul de lucru din turnătorie.

In principiu, organizarea controlului trebuie să asigure prevenirea defectelor şi controlul final (recepţia piesei turnate).

Controlul preventiv se ocupă de:

- recepţia materiilor prime: nisipuri, lianţi, fonte brute, fier vechi, combustibil;
- recepţia materialelor auxiliare: vopsele, lacuri, materiale refractare;
- controlul modelelor şi altor aliaje;
- controlul preparării amestecurilor de formare şi a amestecului preparat;
- executarea formelor şi a miezurilor şi uscarea lor;
- montarea miezurilor şi asamblarea formelor;
- controlul elaborării aliajului;

- turnarea şi controlul compoziţiei chimice a metalului lichid, a temperaturii de turnare, determinarea fluidităţii etc.

Controlul final se ocupă de:

- aspectul general şi dimensiunile pieselor turnate;
- tratamentul termic aplicat pieselor turnate;
- modul de executare a probelor de presiune;
- calitatea materialului pieselor turnate;
- defectele exterioare şi în special de cele interioare.

Controlul final stabileşte şi clasifică defectele şi hotărăşte rebutarea, remanierea sau recepţionarea pieselor controlate. Controlul tehnic în turnătorie este independent de sectorul de turnătorie fiind subordonat direct conducerii uzinei şi îşi desfăşoară activitatea pe baza unor documente ca: desene, planuri de operaţii, norme interne, STAS-uri., instrucţiuni generale şi speciale.

64.

8.18. Elemente de construcţia pieselor turnate şi proiectarea formelor

Principalele probleme care trebuie rezolvate la stabilirea tehnologiei de execuţie a unei piese turnate sînt:

a) Analiza tehnologicităţii piesei de turnat şi proiectarea modificărilor constructive şi de material ale piesei turnate care uşurează fabricarea şi reduc preţul de cost.

b) Stabilirea procedeului de execuţie a piesei turnate.

c) Proiectarea configuraţiei piesei turnate în funcţie de condiţiile specifice ale procedeului de execuţie ales.

d) Proiectarea construcţiei reţelei de turnare şi analiza fenomenelor termice care intervin în timpul răcirii piesei turnate.

e) proiectarea maselotelor şi răcitoarelor (dacă este cazul).

In cele ce urmează se dau cîteva indicaţii privind aceste probleme.

a - Construcţia unei piese turnate este tehnologică atunci cînd ea este realizabilă în condiţiile tehnico-materiale date ale producţiei sub raportul unei executări uşoare şi economice, cu siguranţa obţinerii unor produse fără defecte.

Analiza tehnologicităţii pieselor turnate urmăreşte cu precădere următoarele elemente: grosimea pereţilor, razele de racordare ale îmbinărilor de pereţi, construcţia golurilor interioare şi concentraţiile mari de metal.

Grosimea pereţilor piesei turnate se determină pe de o parte prin condiţiile constructiv funcţionale impuse acesteia şi pe de altă parte prin proprietăţile tehnologice de turnare ale materialului şi prin particularităţile procedeului de turnare aplicat. De asemenea se ţine seama de modul de cristalizare a metalului, care se produce totdeauna perpendicular pe suprafaţa de contact, adică în sensul scurgerii fluxului termic, precum şi de faptul că răcirea se dezvoltă de jos în sus, ceea ce impune ca pereţii subţiri să fie plasaţi în partea inferioară.

Valorile minime ale grosimii pereţilor considerate tehnologice se limitează în aşa fel încît să se preîntîmpine umplerea incompletă a formei, apariţia tensiunilor interne şi crăpăturile la cald, formarea retasurilor de contracţie şi suflurilor.

In cele ce urmează se prezintă spre exemplificare valorile minime ale grosimii pereţilor considerate tehnologice pentru turnarea în forme temporare cu pereţi groşi (tabelul 8.A),

pentru forme temporare realizate cu modele uşor fuzibile (tabelul 8.5), pentru turnarea în cochilii (tabelul 8.6) şi pentru turnarea sub presiune (tabelul 8.7).

- Tabelul 8.4 -

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea în forme temporare cu pereţi groşi

Material	Mărimea piesei turnare	Grosimea minimă a pereţilor în mm
Fontă cenuşie obişnuită şi cu grafit nodular	mică (sub 2 kg)	3 ... 4
	mijlocie (2 ... 5o kg)	6 ... 8
	mare (peste 5o kg)	1o ...2o
Bronzuri normale	lungimea pereţilor piesei în mm	
	sub 5o	3
	5o ... 1oo	5
	1oo ... 25o	6
	25o ... 6oo	8
Bronzuri speciale şi alame	mică	6
	mijlocie	8
Aliaje de aluminiu	piese mici cu lungimea maximă a pereţilor în mm	
	2oo	3 ... 5
	8oo	5 ... 8
Aliaje de magneziu	mică	4
	mijlocie cu lungimea pereţilor în mm de maximum 4oo	6

- Tabelul 8.5. -

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea în forme temporare coji realizată cu modele uşor fuzibile

Material	Dimensiuni de gabarit ale piesei turnate în mm				
	1o..5o	5o..1oo	1oo..2oo	2oo..35o	peste 35o
Fontă cenuşie	1	1,5	2	2,5	3,5
Oţel carbon	1,5	2	2,5	3	4
Aliaje de Cu,Al,Mg	1,5	2	2,5	3	3,5
Aliaje de Sn-Pb	o,7	1	1,5	2	2,5

- Tabelul 8,6 -

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea în cochilii

Material	Suprafaţa peretelui în cm^2	Grosimea minimă a peretelui în mm
Fontă cenuşie	sub 25	4
	25 ... 125	6
Oţel bazic	-	1o
Oţel acid	-	8
Bronzuri	sub 3o	4 ... 6
Aliaje de Al	sub 3o	3 ... 4
Aliaje de Mg	sub 3o	3

- Tabelul 8,7 -

Grosimea minimă a pereţilor considerată tehnologică la turnarea sub presiune

Material	Suprafaţa peretelui în cm^2				
	sub 25	25..1oo	1oo..225	225..4oo	4oo..1ooo
Aliaje de Cu	1,5	2	3	3,5	4
Aliaje de Al	1	1,5	2	2,5	4
Aliaje de Mg	1,3	1,8	2,5	3	4
Aliaje Sn-Pb	o,6	o,7	1,1	1,5	-

Menţionăm faptul că trebuie evitate şi grosimi ale pereţilor superioare valorilor tehnologice datorită creşterii consumului de metal şi pericolului de apariţie a retasurilor interioare şi porozităţilor. Pentru mărirea rigidităţii este de preferat consolidarea pereţilor cu nervuri.

Pentru asigurarea obţinerii unor piese turnate fără defecte de tipul retasurilor de contracţie, porozităţilor şi crăpăturilor la cald, se recomandă următoarele:

- la îmbinarea pereţilor pieselor turnate trebuie să se evite unghiurile ascuţite.

Pentru exemplificare în fig. 8.1o6 se prezintă cazul unei îmbinări unghiulare drepte.

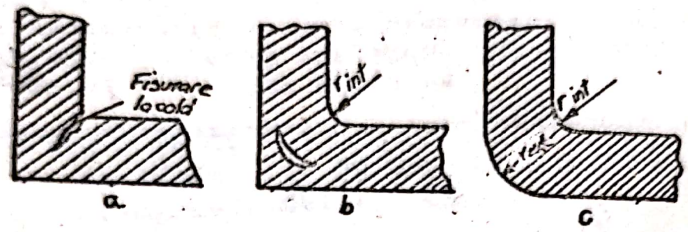


Fig. 8.1o6
Stabilirea razelor de racordare la o îmbinare unghiulară dreaptă.

Razele de racordare necesare se pot determina în acest caz din diagrame de tipul celei din fig. 8.1o7.

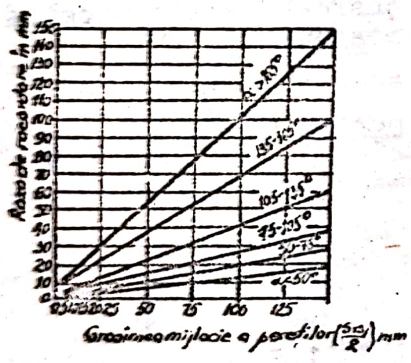


Fig. 8.1o7
Diagramă pentru determinarea razelor de racordare la piesele turnate.

- Trecerea de la secţiuni mici ale pereţilor la secţiuni mai mari trebuie să se facă lin cu o racordare corectă folosindu-se raze de racordare suficient de mari. Pentru uniformizarea grosimii pereţilor se foloseşte metoda cercurilor înscrise.

- Ca regulă generală se recomandă evitarea concentraţiilor mari de metal în piesa turnată, din cauza pericolului de formare a retasurilor. In acest scop se efectuează modificări constructive cum ar fi de exemplu înlocuirea îmbinărilor în X cu îmbinări în Z (fig. 8.1o8).

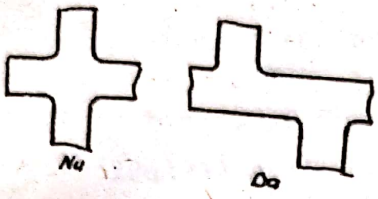


Fig. 8.108
Eliminarea concentraţiilor de metal prin măsuri constructive.

In cazul cînd concentraţiile de metal sînt inevitabile, se va urmări compensarea retasurilor prin asigurarea condiţiilor de solidificare dirijată în locul solidificării simultane, folosind maselote şi răcitoare proiectate şi amplasate corespunzător.

Golurile interioare ale pieselor turnate se realizează cu ajutorul miezurilor. Operaţia de executare a miezurilor impune uneori un consum exagerat de manoperă, complică forma, măresc pericolul de rebutare şi ridică sensibil preţul de cost al confecţionării formei şi curăţirii piesei turnate. De aceea ori de cîte ori este posibil se impune renunţarea la folosirea miezurilor. Se vor evita în special, construcţiile care necesită folosirea unor miezuri lungi de secţiune relativ mică, atît din cauza rigidităţii insuficiente, cît şi datorită evacuării dificile a gazelor din miez şi curăţirii greoaie.

Ca diametre minime ale miezurilor în mod obişnuit se admit 3 ... 5 mm pentru aliaje uşoare, 5 ... 7 mm pentru fontă, 7 ... lo mm pentru oţel.

b - Domeniile de utilizare şi principalele caracteristici ale procedeelor de turnare sînt prezentate în tabelul 8.8.

- Tabelul 8.8 -

Domeniile de utilizare şi principalele caracteristici ale procedeelor de turnare

Procedeul de turnare	Domeniul de aplicare	Caracteristici
1	2	3
Forme temporare cu pereţi groşi.	Fabricarea pieselor turnate, care necesită utilizarea unui număr mare de miezuri, din orice aliaj de turnătorie. Fabricarea pieselor mari în producţie individuală şi de serie mică. Fabricarea pieselor în producţia de serie mare şi masă în condiţiile unui grad de mecanizare ridicat.	Posibilitatea realizării unor piese complicate cu pereţi subţiri. Precizia scăzută, volum de muncă şi preţ de cost ridicat.
Forme temporare coji realizate cu modele uşor fuzibile.	Fabricarea pieselor mici şi mijlocii de construcţie complicată din oţel şi aliaje speciale. Aplicarea este justificată economic la piesele fabricate anterior din semifabricate laminate sau forjate supuse prelucrării mecanice, precum şi la piese care necesită o prelucrare mecanică complicată sau la care prelucrarea mecanică este extrem de dificilă. Procedeul este rentabil la producţia anuală de peste 100 t (minim 500 buc/an piese de configuraţie simplă sau 50 buc/an piese de configuraţie complicată).	Posibilitatea obţinerii unor piese de precizie ridicată şi cu suprafeţe foarte curate. Volum de muncă mare şi preţ de cost ridicat al pieselor turnate.
Forme temporare coji realizate cu liant pe bază de răşini termoreactive.	Fabricarea pieselor cu pereţi subţiri din orice aliaje. Procedeul este rentabil în producţie de serie şi masă sau în producţia de piese cu masă pînă la 25...30 kg care se utilizează fără o pre-	Posibilitatea obţinerii unor piese turnate de precizie. Procesul tehnologic poate fi uşor mecanizat. Costul ridicat al răşinilor termoreactive.

continuare - Tabelul 8.8 -

1	2	3
	lucrare mecanică ulterioară sau cu o prelucrare mecanică neînsemnată.	
Forme durabile metalice (cochilii).	Fabricarea pieselor cu proprietăţi mecanice superioare şi de mare etanşeitate din fontă, oţel şi aliaje neferoase. Fabricarea pieselor cu pereţi groşi, cu configuraţie relativ simplă. Procedeul este rentabil în producţia de serie şi masă, la acelaşi grad de mecanizare ca şi turnarea în forme temporare cu pereţi groşi.	Posibilitatea obţinerii pieselor de precizie mai ridicată decît la turnarea în forme temporare cu pereţi groşi cu adaosuri de prelucrare mecanică mai mici. Este dificilă obţinerea pieselor de configuraţie complicată cu pereţi subţiri.
Sub presiune.	Fabricarea pieselor de configuraţie complicată şi cu pereţi subţiri, în special din aliaje neferoase şi mai rar din oţel. Procedeul este rentabil în producţia de masă.	Posibilitatea obţinerii unor piese de precizie ridicată şi cu suprafeţe curate. Durabilitate redusă a matriţelor la turnarea aliajelor cu temperatură de topire ridicată (oţel, aliaje de Cu etc). Costul ridicat al matriţelor.

Alegerea celui mai raţional procedeu de execuţie a unei piese turnate este, adeseori, îngreuiată de faptul că există mai multe procedee care asigură obţinerea piesei la nivelul cerinţelor impuse prin condiţiile tehnice. In astfel de cazuri, alegerea procedeului de turnare optim este decisă, în principal, de preţul de cost, urmărindu-se atingerea unui nivel minim al cheltuielilor de producţie.

c - La proiectarea configuraţiei piesei turnate se au

în vedere următoarele elemente principale:

- Executarea ușoară, economică și corectă a modelelor, formelor și miezurilor. In acest scop se urmărește ca

- partea interioară și exterioară a conturului piesei să aibă forma unor figuri geometrice regulate, asigurîndu-se o construcție simplă și compactă a piesei. In fig. 8.1o9 se prezintă un exemplu de piesă complicată simplificată prin eliminarea unor suprafețe curbe care necesitau montarea unor miezuri laterale, iar în fig. 8.11o se prezintă spre exemplificare asigurarea unei construcții simple și compacte a piesei turnate prin eliminarea suprafeței curbe.

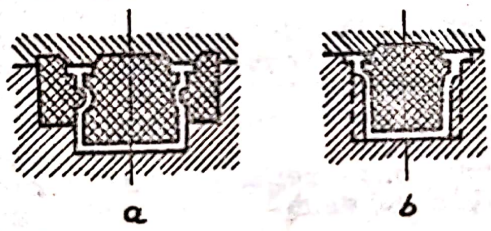


Fig. 8.1o9

Simplificarea formei interioare a unei piese turnate.

a - formă complicată care necesită două miezuri laterale;

b - formă simplificată prin eliminarea suprafeței curbe.

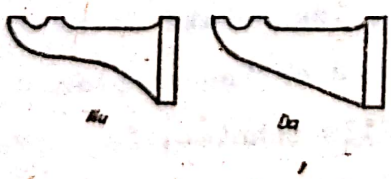


Fig. 8.11o

Asigurarea unei construcții simple și compacte a piesei turnate.

- forma piesei şi respectiv a modelului să necesite un număr minim de suprafeţe de separaţie a formei şi a modelului, deoarece mărirea numărului suprafeţelor de separaţie a formei scumpeşte formarea şi curăţirea şi micşorează precizia de execuţie;

- pentru uşurarea demulării, suprafeţele laterale ale piesei să fie prevăzute cu înclinări constructive aşa cum se arată spre exemplificare în fig. 8.111.

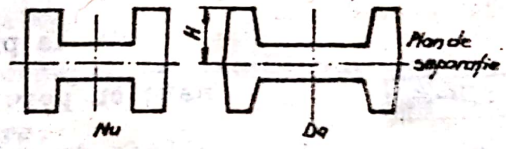


Fig. 8.111
Asigurarea înclinărilor constructive ale piesei turnate.

Aceste înclinări în funcţie de înălţimea piesei până la planul de separaţie H se iau :

1 : 5 pentru $H < 25$ mm ;

1 : 1o ... 1 :2o pentru $25 < H < 5oo$ mm ;

1 : 5o pentru $H > 5oo$ mm .

- să se evite folosirea modelelor cu părţi demontabile deoarece pe de o parte creşte durata şi complexitatea formării, iar pe de altă parte scade precizia ;

- trebuie să se evite trecerile înguste între părţile piesei turnate, deoarece formarea şi consolidarea părţilor corespunzătoare ale formei împotriva distrugerii în timpul transportării şi turnării este complicată şi creşte pericolul de rebutare ;

Umplerea cavităţii formei în condiţii care să asigure obţinerea unei piese lipsite de defecte. Pentru aceasta este

necesar ca:

- poziţia piesei turnate în formă să fie astfel aleasă încît părţile cele mai importante ale piesei, la care nu se admit defecte să fie plasate în jumătatea inferioară a formei;

- grosimea pereţilor piesei să fie cît mai uniformă şi să asigure o umplere continuă, fără întreruperi a cavităţii formei;

- să se evite suprafeţele orizontale mari, pentru a nu se favoriza formarea de sufluri, imprimîndu-se înclinări corespunzătoare (fig.8.112).

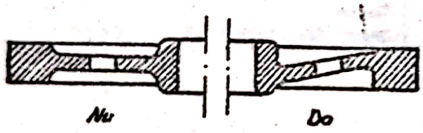


Fig. 8.112
Evitarea suprafeţelor orizontale mari ale pieselor turnate.

- la piesele turnate cu pereţi subţiri din aliaje de calitate inferioară şi cu coeficient de contracţie redus, dimensionarea piesei va urmări asigurarea principiului solidificării simultane;

-la piesele turnate cu pereţi groşi din aliaje cu contracţie mare se va asigura principiul solidificării dirijate;

Curăţirea şi debavurarea uşoară şi ieftină a piesei turnate. Pentru aceasta se impun următoarele condiţii:

- acces comod la toate suprafeţele interioare şi exterioare ale piesei turnate, în special pentru eliminarea miezurilor şi curăţirea interiorului piesei;

- obţinerea unui număr şi lungimi de bavuri minim şi plasarea acestora pe suprafeţe cu prelucrări ulterioare;

- prevederea unui număr minim de maselote care să poată fi îndepărtate printr-o singură operaţie de prelucrare mecanică.

Prelucrarea mecanică ulterioară să fie uşoară şi econo-

mică. In acest scop se va urmări:

- evitarea în limita posibilităţilor sau reducerea la minim a numărului şi mărimii suprafeţelor cu prelucrări ulterioare;

- prevederea de suprafeţe de bazare (fixare pe maşini unelte), de flanşe sau urechi pentru prinderea uşoară şi sigură pe maşini unelte;

- prevederea de spaţii suficiente pentru accesul sculelor aşchietoare.

d şi e - In ce priveşte rezolvarea problemelor care se pun în legătură cu proiectarea construcţiei reţelei de turnare şi analiza fenomenelor termice care intervin în timpul răcirii piesei turnate (paragraful "d") şi proiectarea maselotelor şi răcitoarelor (paragraf "e") face obiectul literaturii de specialitate.

8.19. Elemente de organizare şi mecanizarea în turnătorie

Procesul complet al operaţiilor ce se execută în turnătorii obligă la o amenajare foarte atentă a atelierelor. In acest scop trebuie respectate următoarele principii:

- suprafeţele de lucru să fie specializate (depozite de materiale pentru elaborare, materiale auxiliare pentru formare, hala cuptoarelor, ateliere de formare, miezuire, turnare, etc).

- atelierele să fie suficient de mari pentru evitarea strangulărilor, echipate cu instalaţiile tehnologice corespunză-

toare procesului de lucru, dotate cu mijloace de ridicare şi transport corespunzătoare;

- amplasarea atelierelor să se facă conform fluxurilor impuse de procesul de fabricaţie;

- amplasarea turnătoriei faţă de magazii şi restul atelierelor trebuie astfel făcută încît transporturile cu căile ferate sau alte mijloace de transport să se facă uşor şi conform cu fluxul general al uzinei.

In turnătoriile moderne, în scopul îmbunătăţirii calităţii şi creşterii productivităţii, majoritatea operaţiilor sînt mecanizate.

Sînt două grupe de operaţii ce sînt mecanizate: tehnologice şi transporturi.

Operaţiile tehnologice care se mecanizează sînt următoarele:

- pregătirea nisipului (concasare,uscare,măcinare) ;

- pregătirea amestecului folosit (dezbatere, cernere, separare magnetică) ;

- prepararea amestecurilor de formare (dozare, amestecare, dezintegrare) ;

- îndesarea la maşini de format ;

- executarea miezurilor cu maşini ;

- uscarea miezurilor ;

- încărcarea mecanică a cuptoarelor ;

- curăţirea mecanică a pieselor.

Mecanizarea transporturilor este de importanţă primordială pentru creşterea productivităţii, dacă ţinem seama că pentru o tonă de piese turnate se manevrează 100 ... 300 t materiale şi utilaje.

Pentru transporturi se utilizează căi ferate, vagonete

Decauville, macarale şi poduri rulante, transportoare, benzi elevatoare, căi cu role, transportoare mecanizate, transportoare pe monoşină, conveiere, etc.

In cazul cînd mecanizarea operaţiilor tehnologice este combinată cu mecanizarea transporturilor, iar procesul tehnologic se desfăşoară cu flux continuu, avem de a face cu mecanizarea complexă.

In fig. 8.113 se prezintă spre exemplificare schema ornizării unei turnătorii mecanizate care lucrează în flux continuu.

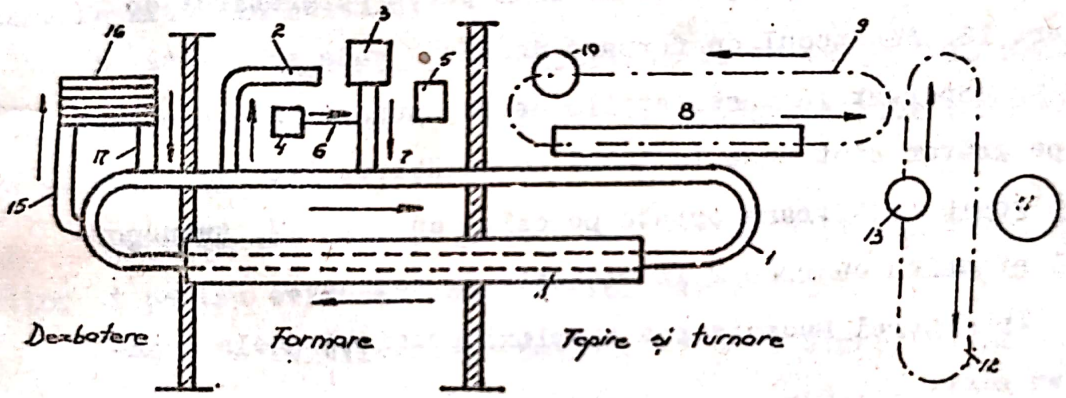


Fig. 8.113
Schema de organizare a unei turnătorii.

Schema cuprinde trei încăperi prin care circulă în circuit închis transportorul cu plăci 1. Semiformele inferioare se execută cu maşina de formare 3 care le răstoarnă pe calea cu role 7. Semiformele superioare sînt executate la maşina de formare 4 de unde pe monoşina 6 sînt transportate la calea cu role 7 şi aşezate deasupra formelor inferioare după ce în prealabil s-au montat miezurile dacă este cazul. Amestecurile de formare sînt transportate pe benzi în silozuri (nu sînt arătate pe schemă) aşezatea deacupra maşinilor 3 şi 4, iar ramele goale

sînt aduse pe calea cu role 2 de la instalaţia de dezbatere. Miezurile se execută în secţia de miezuri de unde sînt aduse cu electrocarele şi aşezate pe stelajele 5. Formele asamblate ajung pe transportorul 1, care le aduce în faţa platformei de turnare 8. Fonta elaborată în cuptorul 11 este transportată în oala intermediară 13 pe monoşina 12 şi trecută în oala de turnare 10, care se deplasează pe monoşina 9 în lungul transportorului 1, unde mecanizat se toarnă în forme. In continuare formele cu transportorul 1 sînt trecute pe sub mantaua de răcire 14, unde circulă un curent de aer rece. Formele sînt trecute apoi pe calea cu role 15, care le transportă pe grătarul de dezbatere 16. Amestecul de formare dezbătut cade sub grătar de unde e transportat la instalaţiile de regenerare. Piesele care rămîn pe grătar sînt duse la locul de curăţire, iar ramele de formare goale sînt transportate pe calea cu role 17, transportorul 1 şi calea cu role 2 la maşinile de formare.

In general mecanizarea complexă prezintă unele avantaje cum sînt:

- capacitate şi productivitate mare;
- spaţii ocupate mici;
- consum redus de manoperă.

Prezintă însă şi unele dezavantaje, cum sînt:

- necesită un număr mare de muncitori calificaţi pentru întreţinere;
- în cazul unor defecte la un agregat cheie, se poate bloca toată activitatea turnătoriei.

8.2o. Securitatea muncii la turnătorie

Datorită condiţiilor de lucru complexe şi grele din turnătorii, pentru evitarea îmbolnăvirilor şi accidentelor este

necesar să se acorde o atenţie deosebită măsurilor de protecţia muncii. Astfel în afara măsurilor ce se iau în orice atelier privind exploatarea instalaţiilor electrice, a instalaţiilor de aer comprimat, exploatarea macaralelor, ordinea în ateliere, spaţii de circulaţie, protecţia de mecanisme în mişcare etc.; măsurile pentru protecţia muncii în turnătorii pot fi împărţite în trei categorii:

1 - Măsuri organizatorice pentru protecţia muncitorilor şi pentru evitarea accidentelor cum sînt:

- statistica sanitară a accidentelor şi măsurile care rezultă din aceasta;
- instruirea muncitorilor de toate gradele pentru combaterea accidentelor şi cunoaşterea prescripţiilor privitoare la protecţia muncii.

2 - Măsuri tehnice pentru protecţia sănătăţii muncitorilor şi pentru evitarea accidentelor cum sînt:

- ventilaţia şi asigurarea unei atmosfere sănătoase;
- înlăturarea zgomotului şi trepidaţiilor;
- asigurarea unui iluminat adecvat
- mecanizarea lucrărilor periculoase şi obositoare.

3 - Măsuri pentru asigurarea securităţii muncii în diferite sectoare de producţie a turnătoriilor şi dispozitive de protecţie.

8.21. Indici tehnico-economici

Pentru aprecierea rezultatelor obţinute sau prevederea unor rezultate scontate, în ce priveşte realizarea pieselor turnate se folosesc indici tehnico-economici.

Principalii indicatori tehnico-economici folosiţi într-o turnătorie sînt:

- indicatori de circulaţie şi utilizare a metalului;
- indicatori de productivitate;
- indicatori de consum;
- indicatori de eficacitate economică.

8.21.1. Indicatori de circulaţie şi utilizare a metalului

Pentru producţia curentă, elaborarea metalului lichid se face utilizînd o serie de materiale aprovizionate din afara uzinei şi alte materiale ce reprezintă deşeuri curente de fabricaţie (maselote, reţele, rebuturi, resturi de turnare, vărsături). Lichidul obţinut se toarnă şi se obţin piese bune, rebuturi, maselote, reţele, resturi, vărsături, care reintră în circuit.

Circulaţia metalului este arătată în diagrama din fig. 8.114, cu următoarea semnificaţie a notaţiilor.

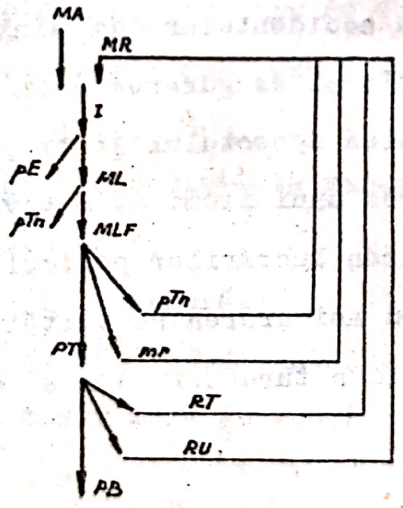


Fig. 8.114
Circulaţia materialului într-o turnătorie.

I - încărcătura metalică;
MA - metal aprovizionat din afara turnătoriei;

MR - metal în recirculaţie;

ML - metal lichid elaborat;

pE - pierderi la elaborare;

pT - pierderi totale la turnare;

pTn - pierderi la turnare nerecuperabile;

pTr - pierderi la turnare recuperabile;

pn - pierderi totale nerecuperabile;

MLF - metal lichid turnat în forme;

mr - maselote + reţele de turnare;

PT - piese turnate;

R - rebut total;

PB - piese bune din turnătorie;

RT - rebut în turnătorie;

RU - rebut la uzinare din defecte de turnare.

Din diagramă rezultă corelaţiile dintre diferitele elemente. Astfel :

$I = MA + MR$; $MR = mr + R + pTr$

$ML = I - pE$; $pT = pTn + pTr$

$pn = pE + pTn$; $PT = PB + R$

$MLF = pT + mr + pTr$; $R = RT + RU$

Principalii indicatori de circulaţie sînt:

- indicatorul de utilizare a încărcăturii

$$U_1 = \frac{PB}{I} \cdot 100\%$$

care variază în funcţie de materialul de turnat între 45...80% avînd valori mai mici la oţel (45...60%) şi mai mari la fontă şi aliajele cuprului (60...80%). Pentru aliajele de aluminiu acest indicator variază între 50...70% .

- indicatorul de rebut total

$$U_R = \frac{R}{PT} \cdot 100\%$$

Acest indicator este sub 10% pentru oţel şi fontă; sub 5% bronz şi sub 8% pentru aliaje de aluminiu.

- indicatorul de utilizare a metalului

$$U_{ML} = \frac{ML}{T} \cdot 100\%$$

Valoarea acestui indicator este cca 1;15 pentru oţel turnat, cca. 1,10 pentru fontă cenuşie şi aliaje de aluminiu şi cca. 1,05 pentru bronz.

8.21.2. Indicatori de productivitate

Principalii indicatori de productivitate sînt:

a - indicatori de productivitate a suprafeţei atelierelor;

b - indicatori de productivitate ai utilajelor;

c - indicatori de productivitate a muncii.

a. Indicatori de productivitate a suprafeţelor atelierelor

Exprimă cantitatea [t] de piese produse în unitatea de timp [an] şi unitatea de suprafaţă [m^2].

Astfel:

- productivitatea suprafeţei de formare este:

$$p_f = \frac{PB}{S_f \cdot an} \left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$$

- productivitatea suprafeţei productive

$$p = \frac{PB}{S_p \cdot an} \left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$$

- productivitatea suprafeţei totale (clădită)

$$p_t = \frac{PB}{S_t \cdot an} \left[\frac{t}{m^2 \cdot an}\right]$$

Valorile acestor indicatori variază în funcţie de o mulţime de factori: natura aliajului, greutatea pieselor, mărimea seriei, gradul de mecanizare etc.

Informativ în tabelul 8.9 se prezintă valorile ultimilor doi indicatori.

- Tabelul 8.9 -

Indicator	Piese oţel pt.tractoare; serie mare	Piese oţel pt.constr. maşini; serie mică	Piese fontă auto; seria mare	Piese fontă pt.constr. maşini; serie mică
$\frac{t}{m^2 an}$ raportate la suprafaţa productivă.	1,5-1,8	1,2-1,4	1,8-2,4	1,4-1,6
$\frac{t}{m^2 an}$ raportate la suprafaţa clădită	1,2-1,4	o,8-o,9	1,2-1,6	1,o-1,2

b. Indicatori de productivitate ai utilajelor

Exprimă capacitatea maşinilor în unitatea de timp. Astfel:

- pentru cuptoarele de elaborare, productivitatea este definită de cantitatea de metal lichid ML elaborată în topire raportată la m^2 de suprafaţă şi zi;

- pentru maşinile de format, productivitatea se exprimă

prin numărul de forme ce se execută într-o oră;

- pentru instalaţia de preparat amestec de formare productivitatea se exprimă prin cantitatea de amestec în m^3 preparat într-o oră.

c. Indicatorii de productivitate a muncii

Exprimă cantitatea în tone de piese bune PB produse de un lucrător în unitatea de timp (de obicei într-un an). Drept lucrător se poate considera muncitorul productiv sau salariatul.

Aceşti indicatori diferă în funcţie de natura şi mărimea piesei. In tabelul 8.1o se prezintă spre informare cîţiva indici de productivitate a muncii.

- Tabelul 8.1o -

Producţia / Indicator	Oţel turnat. Piese auto şi tractoare serie	Oţel turnat Piese curente serie mică şi mijlocie.	Fontă. Piese auto şi tractoare serie	Fontă. Piese curente, serie mică şi mijlocie
t/muncitor prod.x an	3o-4o şi mai mult	28-32	35-4o şi mai mult	35-45
t/salariat x an.	2o-3o şi mai mult	2o-22	24-28 şi mai mult	25-3o

8.21.3. Indicatori de consum

Aceşti indicatori arată consumul specific de materiale sau consumul specific de energie necesară pentru realizarea unei tone de piese bune PB sau de metal lichid ML .

Astfel, de exemplu: pentru elaborarea unei tone de fontă lichidă este necesar o,14 t cocs. In acest scop este necesar

a se aproviziona o,15 t cocs, diferenţa de o,ol reprezentînd diferitele pierderi (depozitare, manipulare, pierderi, umiditate,etc).

Primul din aceşti indicatori reprezintă indicatorul de consum specific tehnologic necesar, iar cel de-al doilea reprezintă indicatorul de consum specific de aprovizionat. Aceşti indicatori într-o uzină bine organizată sînt normaţi, aprovizionarea efectuîndu-se pe baza normelor de consum.

Menţionăm că indicii de consum specific sînt în funcţie de aliajul turnat, de profilul (natura) pieselor, de mijloacele existente, de tehnicitatea fiecărei uzine.

Principalii indicatori de consum sînt:

- consumul de metal pentru încărcătura de aprovizionat

$$\left[\frac{t(\text{material})}{t(\text{piese bune})}\right]$$

- consumul de material refractar de aprovizionat

$$\left[\frac{t(\text{material}}{t(\text{piese bune})}\right]$$

- consumul de cocs pentru cubilou

$$\left[\frac{t(\text{cocs})}{t(\text{piese bune})}\right]$$

- consumul tehnologic total de energie electrică

$$\left[\frac{kWh}{t(\text{piese bune})}\right]$$

- consumul tehnologic de energie electrică pentru elaborare

$$\left[\frac{kWh}{t(\text{metal lichid})}\right]$$

8.21.4. Indicatori de eficacitate economică

Acești indicatori exprimă eficacitatea economică a turnătoriei; ei pot avea ca bază de referință, cheltuielile de fabricație C [lei/an] sau valoarea producției (valori constante) Q [lei] sau valoarea mijloacelor de bază B [lei] .

Astfel de indicatori sînt:

- investiția specifică : $\frac{B}{PB} \left[\frac{lei}{t}\right]$

- productivitatea mijloacelor de bază: $\frac{PB}{B} \left[\frac{t}{lei}\right]$

- prețul de cost: $\frac{C}{PB.an} \left[\frac{lei}{t}\right]$

- productivitatea valorică a muncii :

$$\frac{Q}{L} \left[\frac{lei}{salariat}\right]$$

- BIBLIOGRAFIE -

1. Albert de Sy, Julien Vidts - "Métallurgie structurale" Dunod Paris, 1968

2. Briscan D. - "Bazele teoretice ale turnării" Bucureşti, E.D.P. 1966

3. Colan H. - "Studiul metalelor şi tratamente termice", Bucureşti, E.D.P. 1964

4. Constantinescu A., ş.a. - "Indreptar de fonte şi oţeluri" Bucureşti, Ed.tehnică, 1969

5. Cuşută St., ş.a. - "Tehnologia materialelor şi maşini unelte". Bucureşti, E.D.P. 1965

6. Dieter G.E. - "Metalurgia mecanică" Bucureşti, Ed.tehnică, 1970, (trad. din limba engleză).

7. Domşa A., ş.a. - "Tehnologia mecanică" Bucureşti, Ed.did.şi ped. 1960.

8. Dragu D., - "Tehnologia materialelor şi a produselor în construcţia de maşini" I şi II, Bucureşti, Ed.tehnică,1975.

9. Dubinin N.P., ş.a. - "Tehnologia metalelor" Bucureşti, Ed.tehnică, 1959.

10. Dulămiţă T., - "Tehnologia şi utilajul tratamentelor termice" Bucureşti, E.D.P. 1967.

Scanned with OKEN Scanner

11. Gheorghiu B., - "Tratamente termice" partea I-a. I.P.Iaşi, Fac.mecanică, 1972.

12. Guliaev B.B., Lipniţki A.M., Obolenţev F.D., "Procedee speciale de turnare" (trad. din limba rusă). Bucureşti, Ed.tehnică, 1972.

13. Guliaev A.P. - "Tratamentul termic al oţelului" (trad.din limba rusă) Bucureşti, Ed.tehnică, 1962.

14. Guliaev A.P., - "Metalurgia fizică" Bucureşti, Ed.tehnică, 1954.

15. Herşcovici P., - "Materiale dure" Bucureşti, Ed.tehnică, 197o.

16. Jakab E., - "Curs de tehnologia materialelor". Ministerul Invăţămîntului - Inst. politehnic Braşov, 196o.

17. Kaşcenko G.A., - "Bazele metalurgiei fizice" Bucureşti, Ed.tehnică, 1952.

18. Manea Gh., - "Organe de maşini" vol.I. Bucureşti, Ed.tehnică, 197o.

19. Mantea St., ş.a. -"Metalurgia fizică" Bucureşti, Ed.tehnică, 197o.

2o. Marcu M., - "Tehnologia materialelor" Bucureşti, E.D.P., 1967.

21. Minkevici A.N., - "Tratamentele termochimice ale metalelor şi aliajelor" (trad. din limba rusă); Bucureşti, Ed.tehnică 1968.

Scanned with OKEN Scanner

22. Nanu A., - "Tehnologia materialelor" Ed.did. şi ped. Bucureşti, 1972.

23. Nanu A., - "Tehnologia metalelor" vol. II, litog. înv. Timişoara, 1956.

24. Nanu A., - "Tehnologia metalelor" vol. III, litog. înv. Timişoara, 1957.

25. Negrescu Tr., ş.a. - "Tehnologia metalelor". Ed.did. şi ped. Bucureşti, 196o.

26. Pálfalvi A., - "Curs de tehnologia metalelor" I.P.Cluj, 197o.

27. Roşianu Gh., Nanculescu N., Vertan H., "Noutăţi în Tehnologia mecanică", Bucureşti, Ed.Militară, 1974.

28. Schuman H., - "Metalurgia fizică" Bucureşti, Ed.tehnică, 1962.

29. Sofroni L., - "Elaborarea şi turnarea aliajelor" E.D.P. Bucureşti, 1975.

3o. Truşculescu M., - "Studiul metalelor" Ed.did.şi ped. Bucureşti, 1971.

31. Turcu I., - "Tehnologia proceselor industriale şi a construcţiilor" vol.II. p.I. "Tehnologia mecanică" tipografia Universităţii din Timişoara, 1971.

32. Turcu I., - "Tehnologia proceselor industriale şi a construcţiilor"vol.II. p.II-a "Tehnologia mecanică" tipografia Universităţii din Timişoara, 1971.

Scanned with OKEN Scanner

33. Vacu S. - "Tehnologia generală" Ed.did.şi ped. Bucureşti, 1968.

34. Vulcu V., Bratu I., Samoilă C., - "Executarea miezurilor şi formelor prin împuşcare" Ed.tehnică Bucureşti, 1968.

35. Wanyorek C., - "Tratamente termice" Ed.Inst.politehnic Braşov, 1971.

36. - Colecţia de STAS-uri.

C U P R I N S

Pag.

Cap. 4. TRATAMENTE TERMICE SI TERMOCHIMICE 3

4.1. Tratamente termice. Generalităţi 3

4.2. Clasificarea tratamentelor termice 8

4.3. Tratamentele termice ale oţelurilor . . . 11

4.3.1. Clasificarea transformărilor din oţeluri.Condiţii termodinamice . . 11

4.4. Transformările oţelului la încălzire . . 15

4.4.1. Creşterea grăunţilor de austenită la încălzire 16

4.5. Transformările oţelului la răcire. Transformarea perlitică 19

4.5.1. Formarea structurilor prin transformare izotermă 22

4.5.2. Transformarea austenitei la răcire continuă. Influenţa vitezei de răcire asupra punctelor critice . 23

4.5.3. Descompunerea izotermă a austenitei suprarăcite 24

4.5.4. Diagrama TTT pentru transformarea austenitei la răcire continuă. (Diagrama CCT) 28

4.5.5. Formarea structurilor prin revenire 30

4.6. Proprietăţile structurilor de tratament termic 30

4.7. Recoacerea oţelurilor 34

4.7.1. Recoacerea pentru obţinerea stării de echilibru 36

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

4.7.2. Recoacerea izotermă 36
4.7.3. Recoacerea de omogenizare 37
4.7.4. Recoacerea de normalizare 37
4.7.5. Recoacerea de înmuiere sau de globulizare 38
4.7.6. Recoacerea de recristalizare 40
4.7.7. Recoacerea de detensionare 40
4.8. Călirea şi revenirea oţelurilor 41
4.8.1. Generalităţi 41
4.8.2. Tensiuni şi defecte de călire 45
4.8.3. Metode de călire 46
4.8.4. Revenirea 53
4.9. Tratamente termice aplicate fontelor 54
4.lo. Tratamente termochimice 57
4.lo.1. Structura stratului de difuziune . . 61
4.lo.2. Cementarea oţelurilor 63
4.lo.3. Tratamente termice aplicate după cementare 67
4.lo.4. Nitrurarea 69
4.lo.5. Cianizarea oţelurilor 7o
4.lo.6. Aluminizarea 73
4.lo.7. Cromizarea 75
4.lo.8. Silicizarea 76
4.lo.9. Alte metode de metalizări prin difuziune . . . 77
4.11. Utilajele secţiilor de tratamente termice . 78
4.11.1. Cuptoare cu băi (cu creuzet) . . . 79
4.11.2. Cuptoare cu atmosferă controlată . . 81
4.11.3. Instalaţii de încălzire 86
4.11.4. Instalaţii de răcire 86

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

4.12. Tratamente termomecanice 87

4.12.1. Tratamente termomecanice cuprinzînd deformarea la rece 87

4.12.2. Tratamente termomecanice cuprinzînd deformarea la cald 88

Cap. 5. OTELURI ALIATE 92

5.1. Generalităţi 92

5.1.1. Raportul elementelor de aliere faţă de fier 93

5.1.2. Influenţa elementelor de aliere asupra polimorfismului fierului 94

5.1.3. Raportul elementelor de aliere faţă de carbon 97

5.1.4. Influenţa elementelor de aliere asupra punctelor de transformare a diagramei Fe-C la încalzire 98

5.1.5. Influenţa elementelor de aliere asupra creşterii grăunţilor de austenită . . . 100

5.1.6. Influenţa elementelor de aliere asupra transformărilor austenitei la răcire . . 101

5.1.7. Influenţa elementelor de aliere asupra transformărilor la revenire 103

5.1.8. Fragilitatea oţelului aliat la revenire 104

5.2. Clasificarea oţelurilor aliate 105

5.2.1. Clasificarea după compoziţia şi structura în stare de echilibru 105

5.2.2. Clasificarea după structura obţinută la răcire în aer 106

5.2.3. Clasificarea după cantitatea elementelor de aliere 108

Pag.

5.2.4. Clasificarea după numărul de elemente de aliere 109

5.2.5. Clasificarea după utilizare (destinaţie) 109

5.3. Oţelurile aliate ternare 110

5.3.1. Oţeluri cu nichel 110

5.3.2. Oţeluri cu mangan 111

5.3.3. Oţeluri cu crom 113

5.3.4. Oţeluri cu wolfram 115

5.3.5. Oţeluri cu molibden 115

5.3.6. Oţeluri cu vanadiu 116

5.3.7. Oţeluri cu siliciu 117

5.3.8. Oţeluri cu bor 119

5.3.9. Alte oţeluri aliate ternare 120

5.4. Oţelurile aliate de construcţie 121

5.4.1. Oţelurile aliate de construcţie cuaternare şi polinare . . . 124

5.4.2. Standardizarea şi simbolizarea oţelurilor aliate de construcţie 126

5.4.3. Oţeluri aliate pentru construcţii folosite în construcţia de maşini-textile 137

5.5. Oţeluri aliate pentru scule 138

5.5.1. Oţeluri aliate pentru scule aşchietoare şi aparate de măsurat 140

5.5.2. Oţeluri pentru scule de deformare şi scule pneumatice 143

5.6. Oţelurile rapide 146

5.6.1. Tratamentul termic al oţelurilor rapide 148

5.7. Oţeluri aliate cu proprietăţi fizice şi chimice speciale 155

5.7.1. Oţeluri inoxidabile 155

Pag.

5.7.2. Oţeluri refractare 158

5.7.3. Oţeluri rezistente la uzură 160

5.7.4. Oţeluri cu proprietăţi termice speciale 161

5.7.5. Oţeluri şi aliaje cu proprietăţi magnetice speciale 162

5.7.6. Materiale ceramice pentru magneţi permanenţi 166

5.7.7. Oţeluri nemagnetice 168

5.7.8. Oţeluri speciale folosite la temperaturi joase 169

Cap. 6. ALIAJE NEFEROASE 172

6.1. Generalităţi 172

6.2. Aliajele cuprului 173

6.2.1. Alamele 173

6.2.2. Standardizarea, simbolizarea şi întrebuinţarea alamelor 180

6.2.3. Bronzurile 184

6.2.4. Bronzurile de aluminiu 192

6.2.5. Bronzuri de plumb 195

6.2.6. Bronzuri de beriliu 197

6.2.7. Bronzuri de siliciu 198

6.2.8. Bronzuri de mangan 199

6.2.9. Bronzuri de zinc 199

6.2.10. Bronzuri fosforoase 199

6.2.11. Alte aliaje de cupru 200

6.3. Aliajele aluminiului 202

6.3.1. Clasificarea aliajelor de aluminiu . . 203

6.3.2. Aliajele de aluminiu deformabile. . . 207

Aliajele aluminiu-cupru. Diagrama de echilibru şi tratamente termice

Pag.

6.3.3. Aliaje de aluminiu pentru turnătorie 219
6.4. Aliajele magneziului 222
6.4.1. Aliajele magneziu-aluminiu 224
6.4.2. Aliajele magneziu-zinc şi magneziu-aluminiu-zinc 225
6.4.3. Aliajele magneziu-aluminiu-cupru. . . .226
6.4.4. Aliajele magneziu-siliciu 227
6.4.5. Aliajele magneziu-mangan 228
6.5. Aliajele de zinc 229
6.6. Aliajele plumbului 230
6.6.1. Aliajele plumb-staniu 230
6.6.2. Aliajele plumb-stibiu 231
6.6.3. Aliajele plumb-staniu-stibiu. 232
6.7. Aliajele antifricţiune 233
6.8. Aliaje dure. 239
6.8.1. Aliaje dure de turnare. 240
6.8.2. Aliaje dure sinterizate 240

Cap. 7. METALURGIA PULBERILOR 244
7.1. Prepararea pulberilor metalice 247
7.1.1. Metode mecanice. 247
7.1.2. Metode fizico-chimice. 253
7.2. Pregătirea pulberilor sau a amestecului de pulberi pentru formare sau păstrare. . . . 257
7.3. Punerea în matriţă a amestecului şi presarea lui. 257
7.4. Sinterizarea produselor presate 261

Pag.

7.5. Operaţii suplimentare 263

7.6. Controlul produselor sinterizare 265

7.7. Consideraţii tehnico-economice 265

Cap. 8. PRELUCRAREA MATERIALELOR METALICE PRIN TURNARE . 266

8.1. Introducere; importanţa turnătoriei şi istoric 266

8.2. Probleme generale ale procesului tehnologic de turnare 272

8.3. Turnarea pieselor în forme temporare 276

8.3.1. Confecţionarea modelelor şi a cutiilor de miez 278

8.3.2. Materiale pentru forme şi miezuri, prepararea amestecurilor şi utilajele folosite 285

8.3.3. Confecţionarea formelor temporare. Generalităţi 303

8.3.4. Formarea manuală 304

8.3.5. Formarea mecanizată (mecanică) . . . 316

8.3.6. Metode noi pentru îmbunătăţirea gradului de îndesare la formarea mecanică . . 326

8.3.7. Consideraţii generale asupra executării mecanice a formelor 328

8.4. Confecţionarea formelor semipermanente . . . 328

8.5. Executarea miezurilor 329

8.5.1. Executarea manuală a miezurilor . . 331

8.5.2. Executarea mecanică a miezurilor . . 332

8.6. Uscarea formelor şi a miezurilor 336

8.7. Elaborarea şi proprietăţile metalelor şi aliajelor utilizate la turnarea pieselor 339

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

8.7.1. Generalităţi 339
8.7.2. Turnarea metalului în forme 343
8.7.3. Calculul reţelelor de turnare 347
8.7.4. Oale de turnare 353
8.8. Fontele de turnătorie 355
8.9. Elaborarea fontelor de turnătorie 360
8.9.1. Topirea fontei în cubilou 360
8.9.2. Construcţii speciale de cubilouri . . . 365
8.9.3. Cuptoare cu flacără pentru retopirea fontei 366
8.9.4. Elaborarea şi turnarea fontelor modificate 371
8.9.5. Elaborarea şi turnarea fontei malleabile, caracteristici tehnologice. . . . 373
8.10. Turnarea pieselor din oţel 374
8.10.1. Oţeluri turnate în piese 375
8.10.2. Proprietăţile de turnare ale oţelului 376
8.11. Elaborarea şi turnarea pieselor din aliaje neferoase 386
8.11.1. Elaborarea şi turnarea aliajelor de cupru 386
8.11.2. Elaborarea şi turnarea aliajelor de aluminiu 388
8.11.3. Elaborarea şi turnarea aliajelor de magneziu 390
8.11.4. Turnarea aliajelor pentru lagăre . . 392
8.12. Dezbaterea, curăţirea şi tratamentul termic al pieselor turnate 392
8.12.1. Dezbaterea pieselor turnate 392
8.12.2. Curăţirea pieselor turnate. Indepărtarea reţelelor de turnare a maselotelor şi a bavurilor 398

Scanned with OKEN Scanner